

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE MATEMÁTICA  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

HENRIQUE ROMANO CORREIA

DRONES AO RESGATE: Uma solução de apoio para resposta a emergências

RIO DE JANEIRO

2019

HENRIQUE ROMANO CORREIA

DRONES AO RESGATE: Uma solução de apoio para respostas a emergências

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Marcos Roberto da Silva  
Borges, Ph.D.

Co-orientadores: Angélica Fonseca da Silva  
Dias, D.Sc., Juliana Baptista dos Santos  
França, D.Sc.

RIO DE JANEIRO

2019

## CIP - Catalogação na Publicação

CC824d      Correia, Henrique Romano  
              DRONES AO RESGATE: Uma solução de apoio para  
respostas a emergências / Henrique Romano Correia.  
- Rio de Janeiro, 2019.  
              109 f.

              Orientador: Marcos Roberto da Silva Borges.  
              Coorientadora: Angélica Fonseca da Silva Dias.  
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -  
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto  
de Matemática, Bacharel em Ciência da Computação,  
2019.

              1. Emergência. 2. Sistema de Informação. 3.  
Sistemas Colaborativos. 4. Drones. I. Borges,  
Marcos Roberto da Silva, orient. II. Dias, Angélica  
Fonseca da Silva, coorient. III. Título.

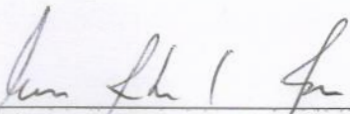
HENRIQUE ROMANO CORREIA

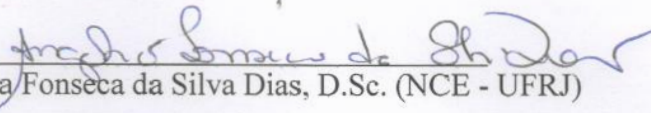
DRONES AO RESGATE: Uma solução de apoio para respostas a emergências

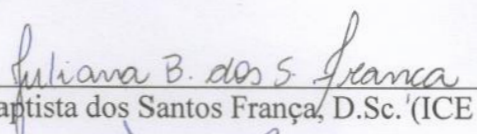
Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado ao Departamento de Ciência da  
Computação da Universidade Federal do Rio de  
Janeiro como parte dos requisitos para obtenção  
do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

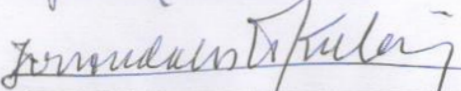
Aprovado em 22 de JULHO de 2019.

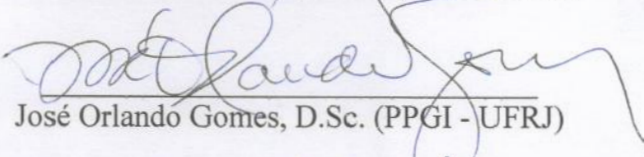
BANCA EXAMINADORA:

  
Marcos Roberto da Silva Borges, Ph.D. (PPGI - UFRJ)

  
Angélica Fonseca da Silva Dias, D.Sc. (NCE - UFRJ)

  
Juliana Baptista dos Santos França, D.Sc. (ICE - UFRJ)

  
Iverson da Costa Rubim, M.Sc. (NCE - UFRJ)

  
José Orlando Gomes, D.Sc. (PPGI - UFRJ)

  
Paulo Victor Rodrigues de Carvalho, D.Sc. (PPGI - UFRJ)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pelo seu cuidado comigo, e por ter me guiado durante todas as etapas da minha vida, assim como neste trabalho. Sem Ele, minha existência não teria sentido.

Aos meus pais Jacinto e Zeli, por todo o zelo, amor e cuidado direcionados a mim, por terem me educado e me apoiado de tantas maneiras, que não tenho palavras para descrever.

À minha irmã Larissa pela nossa amizade e por todos os bons momentos que passamos.

Ao meu orientador, professor Marcos Borges, por ter apostado na minha ideia, por todo o suporte dado, e por ter dedicado seu tempo e sua experiência durante o desenvolvimento deste trabalho.

Às professoras Angelica Dias e Juliana França, por terem me suportado e colaborado durante todo o desenvolvimento deste projeto, me aconselhando, me direcionando, pelos incentivos e pela persistência em me levar até o fim, apesar dos altos e baixos.

Ao Ivison da Costa Rubim, por ter me apoiado com seu conhecimento, colaborado com ideias e se entusiasmado com o projeto junto comigo.

À professora Juliana Vianna Valério, que foi minha orientadora acadêmica, sempre se preocupando com meus avanços e me apoiando quando eu precisava.

A todos os professores do DCC que se esforçaram para passar seus conhecimentos, sendo de muito proveito para meu crescimento acadêmico e profissional.

À Lara Paranhos, Pedro Salomão, Leoncio Cruz e Thiago Santana, da Virtual Interactions, por toda a compreensão, pelo suporte dado, pelos conhecimentos e aconselhamentos passados.

Ao Pedro Henrique de Oliveira Benevides, amigo e colega de curso que esteve junto no início deste projeto, apoiando bastante o desenvolvimento do mesmo.

A todos os meus amigos e familiares que acompanharam e me incentivaram, em especial à amiga Marcela Ribeiro, à amiga Raquel Fernandes, ao meu primo Pedro Romano, e ao amigo Jônatas Vargas.

A todos os colegas do curso de Ciência da Computação, pelo companheirismo e pelo suporte dado de alguma forma.

Ao Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro, representado pelos bombeiros que tiveram participação na validação deste trabalho, pela disponibilidade e pelo seu trabalho tão valioso para a sociedade.

## **RESUMO**

Emergência é uma condição de ameaça que requer uma ação urgente, uma resposta eficaz, e dentro de um cenário de emergência podem existir riscos para os agentes respondedores, assim como para os afetados. O tempo de resposta e a qualidade da mesma são cruciais para que indivíduos e ambientes afetados sejam atendidos em suas necessidades, e possíveis riscos e danos sejam minimizados. Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho é apoiar os agentes envolvidos na resposta à emergência, através de uma solução colaborativa suportada por uma aplicação e pelo uso de drones. Esta solução visa coletar informações do cenário de emergência trabalhado, de forma que, através da colaboração de especialistas, haja um maior suporte à tomada de decisão feita pelos agentes responsáveis dentro deste cenário, levando a mesma a ocorrer em menor tempo, agilizando assim a resposta à emergência. Neste trabalho, buscou-se fazer a validação com especialistas do efetivo do Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro, que já atuam com drones, para avaliar a utilidade da solução em cenários reais.

**Palavras-chave:** emergência. sistema de informação. sistemas colaborativos. drones.

## **ABSTRACT**

Emergency is a threatening condition that requires urgent action, an effective response, and within an emergency scenario there may be risks for responders, as well as for those affected. Response time and the quality of it are crucial for affected individuals and environments to be addressed on their needs, so possible risks and damages are minimized. In this context, the goal of this work is to support the agents involved in the emergency response, through an application-supported collaborative solution and the use of drones. This solution aims to collect information from the worked emergency scenario, so that, through the collaboration of specialists, there is a greater support for the decision-making made by the responsible agents within this scenario, causing it to occur in a shorter time, thus speeding up the response to the emergency. In this work, the aim was to validate with experts from the Rio de Janeiro Fire Department, who already work with drones, by evaluating the utility of the solution in real scenarios.

**Keywords:** emergency. information system. collaborative systems. drones.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Ciclo da emergência ou desastre. ....	24
Figura 2: Fotografia aérea de San Francisco após o terremoto de 1906, obtida por câmara panorâmica acoplada a pipas. ....	33
Figura 3: Drone Ryan Firebee da marinha americana com 36 marcas de missão bem-sucedida na fuselagem.....	34
Figura 4: Visão geral da solução.....	44
Figura 5: Caminho da imagem. ....	45
Figura 6: Tela inicial do aplicativo DJI GO. ....	46
Figura 7: Tela principal do aplicativo DJI GO. ....	46
Figura 8: Tela da galeria do aplicativo DJI GO.....	47
Figura 9: Tela da galeria do aplicativo DJI GO – parte de download. ....	47
Figura 10: Tela de configuração do aplicativo Autosync. ....	48
Figura 11: Tela de status do aplicativo Autosync.....	49
Figura 12: Tela inicial do Drones ao Resgate. ....	50
Figura 13: Tela da Galeria de imagens. ....	51
Figura 14: Tela de imagem aberta dentro da Galeria. ....	51
Figura 15: Tela da localização da foto aberta em mapa externo, através da Galeria. ....	52
Figura 16: Tela do Editor de imagens. ....	52
Figura 17: Exemplo de edição feita através do Editor de imagens.....	53
Figura 18: Tela do campo comentário dentro do Editor de imagens.....	54
Figura 19: Tela de carregamento durante salvamento na nuvem. ....	54
Figura 20: Tela do Mapa com marcadores representando as imagens, por sua localização. ....	55
Figura 21: Tela do Mapa em visão <i>Street View</i> , com marcadores visíveis do nível da rua. ....	55
Figura 22: Tela do Mapa com marcador selecionado, apresentando informações sobre a imagem. ....	56
Figura 23: Tela inicial da página Drones ao Resgate aberta em smartphone.....	57
Figura 24: Tela do Mapa de imagens aberto em smartphone.....	58
Figura 25: Tela da Galeria de imagens aberta em smartphone.....	58

<b>Figura 26: Tela do Editor de imagens aberto em smartphone. ....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 27: DJI Phantom 3 Advanced e Samsung Galaxy S8, utilizados na solução.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 28: Casos de uso da solução. ....</b>	<b>63</b>
<b>Figura 29: Diagrama de atividades do Editor. ....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 30: Diagrama de atividades da Galeria. ....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 31: Diagrama de atividades do Mapa. ....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 32: Sequência de execução para sincronia com a nuvem. ....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 33: Sequência de execução da exibição da galeria. ....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 34: DJI Phantom 2 Vision e Samsung Galaxy Alpha, utilizados na primeira versão da solução.....</b>	<b>80</b>
<b>Figura 35: Visão da tela principal da primeira versão da aplicação.....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 36: Visão da câmera do drone na primeira versão da aplicação.....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 37: Visão da galeria na primeira versão da aplicação.....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 38: Visão do mapa com marcadores em <i>overlap</i>. ....</b>	<b>87</b>
<b>Figura 39: Fotografia aérea utilizada no experimento. ....</b>	<b>90</b>
<b>Figura 40: Imagem capturada durante a simulação, editada para preservar as identidades. ....</b>	<b>93</b>
<b>Figura 41: Imagem editada através da ferramenta, com presença de comentário.....</b>	<b>94</b>
<b>Figura 42: Imagem editada através da ferramenta. ....</b>	<b>95</b>
<b>Figura 43: Gráfico representando a escolaridade dos respondedores. ....</b>	<b>96</b>

## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1: Comparativo entre trabalhos relacionados .....</b>	<b>40</b>
<b>APÊNDICE A – Tabela comparativa entre ferramentas relacionadas .....</b>	<b>106</b>

## LISTA DE SIGLAS

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil  
ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações  
API - *Application Programming Interface*  
AROD - *Airborne Remotely Operated Device*  
CBMERJ - Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro  
CDC - *Centers for Disease Control and Prevention*  
COVANT - Coordenadoria de Veículos Aéreos Não-Tripulados  
CSS - *Cascading Style Sheets*  
DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo  
DoD - *Department of Defense*  
EUA - Estados Unidos da América  
FAA - *Federal Aviation Administration*  
GE - Gestão de Emergências  
GLONASS - *GLObal NAVigation Satellite System*  
GOA - Grupo de Operações Aéreas  
GPS - *Global Positioning System*  
HTML - *HyperText Markup Language*  
JS - *JavaScript*  
ONG - Organização Não Governamental  
RAM - *Random Access Memory*  
ROA - *Remotely Operated Aircraft*  
RPA - *Remotely Piloted Aircraft*  
RPV - *Remote Piloted Vehicle*  
SAMU - Serviço de Atendimento Móvel de Urgência  
SDK - *Software Development Kit*  
UAS - *Unmanned Aerial Systems*  
UAV - *Unmanned Aerial Vehicle*  
UAVS - *Unmanned Aerial Vehicles Systems*  
UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro  
UML - *Unified Modeling Language*

VANT - Veículo Aéreo Não Tripulado

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1 MOTIVAÇÃO E OBJETIVO .....	16
1.2 O PROBLEMA .....	18
1.3 HIPÓTESE .....	19
1.4 METODOLOGIA .....	19
 <b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>21</b>
2.1 DOMÍNIO DA GESTÃO DE EMERGÊNCIAS .....	21
2.1.1 Emergências, desastres e crises .....	21
2.1.2 Classificação de desastres .....	22
2.1.3 Ciclo da emergência/desastre .....	24
2.1.4 Gestão de emergências .....	25
2.2 TOMADA DE DECISÃO COLABORATIVA .....	27
2.2.1 Tomada de Decisão.....	27
2.2.2 Colaboração .....	28
2.2.3 Aplicação no âmbito da emergência .....	29
2.3 DRONES .....	30
2.3.1 Histórico do uso de drones para sensoriamento remoto.....	32
2.3.2 Composição e funcionamento.....	34
2.3.3 Tipos de drone .....	35
2.3.4 Aplicações.....	36
2.3.5 Aplicação de drones no campo da emergência .....	38
2.4 TRABALHOS RELACIONADOS .....	40
 <b>3 PROPOSTA .....</b>	<b>42</b>
3.1 CONTEXTO .....	42
3.2 A SOLUÇÃO .....	43
3.2.1 DJI GO – Captura da imagem .....	45
3.2.2 Autosync for Google Drive – Disponibilização da imagem na nuvem .....	48
3.2.3 Drones ao Resgate – Visualização, edição e colaboração de conteúdo .....	49

3.2.4 Equipamento.....	59
3.3 DIAGRAMAS E CASOS DE USO .....	61
3.3.1 Diagrama de Casos de Uso .....	62
3.3.2 Descrição dos casos de uso da solução .....	63
3.3.2.1 Caso de uso Ver imagens da câmera ao vivo .....	63
3.3.2.2 Caso de uso Tirar foto.....	64
3.3.2.3 Caso de uso Fazer download para celular .....	64
3.3.2.4 Caso de uso Upload automático para a nuvem.....	65
3.3.2.5 Caso de uso Ver galeria de fotos .....	66
3.3.2.6 Caso de uso Editar foto .....	66
3.3.2.7 Caso de uso Editar comentário da foto .....	67
3.3.2.8 Caso de uso Fazer download da foto .....	68
3.3.2.9 Caso de uso Salvar foto e comentário na nuvem .....	69
3.3.2.10 Caso de uso Abrir localização da foto em mapa externo.....	69
3.3.2.11 Caso de uso Ver fotos pelo mapa .....	70
3.3.3 Diagrama de Atividades do Editor: Editar imagem, comentário, download e salvar	70
3.3.4 Diagrama de Atividades da Galeria: Visualização, abertura de localização, abertura Editor.....	71
3.3.5 Diagrama de Atividades do Mapa: Visualização, abertura Galeria .....	72
3.3.6 Diagrama de Sequência – Sincronia com nuvem .....	73
3.3.7 Diagrama de Sequência – Exibição Galeria.....	74
3.4 FERRAMENTAS RELACIONADAS .....	75
<b>4 IMPLEMENTAÇÃO .....</b>	<b>77</b>
4.1 TECNOLOGIAS ESTUDADAS .....	77
4.2 VERSÕES .....	79
4.2.1 Primeira versão .....	80
4.2.2 Segunda versão .....	83
4.2.3 Terceira versão .....	84
<b>5 VALIDAÇÃO .....</b>	<b>88</b>
5.1 METODOLOGIA .....	88
5.2 EXPERIMENTO.....	88

<b>5.2.1 Cenário da simulação .....</b>	<b>90</b>
<b>5.2.2 Montagem da Avaliação .....</b>	<b>92</b>
<b>5.2.1 Observações e obstáculos.....</b>	<b>92</b>
<b>5.3 ANÁLISE DAS RESPOSTAS.....</b>	<b>95</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>99</b>
<b>6.1 TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>100</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>102</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>106</b>
<b>APÊNDICE B .....</b>	<b>107</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A rotina da vida humana pode nos levar a crer que nada diferente do habitual irá acontecer. Nascer, crescer, estudar, trabalhar, formar uma família, se aposentar e morrer. Somos ensinados desde cedo que é assim que o ciclo da vida se dá. Contudo, isso pode mudar repentinamente, jogando fora tudo aquilo que deveria ser o habitual, transformando um ambiente em harmonia em um cenário de caos. Essa transformação do ambiente também é conhecida como emergência. Uma emergência ou uma crise é uma condição de ameaça que requer ação urgente (UNDRR, 2017).

Em situações de emergência como acidentes, incêndios ou deslizamentos de terra, as equipes de resposta à emergência, que no Brasil podem ser representadas pelo Corpo de Bombeiros, Defesa Civil e SAMU<sup>1</sup>, precisam estar aptas para responder imediatamente a estas situações, logo após serem acionadas (OLIVEIRA, 2010). Através de uma resposta de emergência eficaz, pode-se evitar a evolução de um evento para um desastre (UNDRR, 2017). Essas situações, porém, podem se tornar confusas, pois a falta de informações faz com que o cenário pareça fragmentado, podem ocorrer falhas de comunicação entre os envolvidos, sobrecarga no comando da operação, falta de estabelecimento de prioridades e objetivos comuns, e os recursos disponíveis podem não ser direcionados de forma adequada (OLIVEIRA, 2010).

Normalmente o cenário encontrado nessas situações apresenta diversos fatores de risco, tanto para a equipe de resposta, quanto para as pessoas que necessitam de algum apoio nesse ambiente, conforme aponta Oliveira (2010), e o fator tempo é de extrema importância, podendo significar a vida ou a morte das pessoas envolvidas, a destruição ou a preservação de um ambiente afetado. Diante desse cenário perigoso, visando auxiliar a tomada de decisão nos cenários de emergência através da obtenção e comunicação de informações úteis para equipes de resposta, vislumbrou-se uma oportunidade da aplicação de uma solução envolvendo drones para dar esse suporte.

Os drones, também conhecidos como VANTs (Veículos aéreos não tripulados), são máquinas que vêm ganhando popularidade e tendo um aumento dramático de uso nos últimos anos (CHOI-FITZPATRICK et al., 2016). São capazes de voar sem a presença humana, podem ser autônomos ou controlados remotamente, podem também ser equipados com

---

<sup>1</sup> Serviço de Atendimento Móvel de Urgência.

câmeras, permitindo a gravação de seu voo, ou até mesmo sua visualização em tempo real (LONGHITANO, 2010).

Até poucos anos atrás, VANTs eram associados diretamente ao uso militar, particularmente aos ataques armados. No entanto, a utilização crescente por pesquisadores, entusiastas e outros usuários, fez com que esse equipamento ultrapassasse o uso militar (OCHA, 2014).

De acordo com dados da BI Intelligence, apontados pelo site The Hack<sup>2</sup>, a tendência do mercado de drones é de crescimento e, até 2020, as vendas vão ultrapassar US\$ 12 bilhões. Pode-se pensar que o principal uso desse tipo de equipamento seja para atividades de entretenimento, mas segundo a Price PWC apenas 7% são usados para esse fim. Os usos para a infraestrutura dominam o mercado com 41%.

Neste contexto, a ideia deste trabalho é apoiar os agentes das equipes de resposta à emergência, responsáveis pela tomada de decisão, através de uma solução colaborativa suportada por uma aplicação e pelo uso de drone. Esta solução visa coletar informações do cenário de emergência trabalhado, de forma que, através da colaboração de especialistas, haja um maior suporte à tomada de decisão feita pelos agentes responsáveis dentro deste cenário, levando a mesma a ocorrer em menor tempo, agilizando assim a resposta à emergência.

Neste capítulo inicial, será apresentada a motivação, o objetivo, o problema, a hipótese e a metodologia. Em seguida, no referencial teórico, serão apresentados os tópicos de interesse que envolvem este trabalho, como o domínio da gestão de emergências, a tomada de decisão colaborativa, drones, e então os trabalhos relacionados. No capítulo seguinte, será mostrada em detalhes a proposta, desde o contexto, a solução pensada, quais os possíveis casos de uso, as ferramentas relacionadas e então segue a parte da implementação, quais as tecnologias estudadas e as versões desenvolvidas. Após isso, haverá a apresentação da validação, contendo a metodologia, o experimento e análise das respostas. Por fim, haverá a conclusão e os trabalhos futuros.

## 1.1 MOTIVAÇÃO E OBJETIVO

A motivação deste trabalho surge em uma aula da disciplina Tópicos Especiais em Sistemas da Informação, no curso de Ciência da Computação da UFRJ (Universidade Federal

---

<sup>2</sup> THE HACK. Newsletter Campus de Inspiração. Disponível em: <<https://us12.campaign-archive.com/?u=8ecb4acc8f4fd644428298ef2&id=e9c472192a>>. Acesso em: 24 jun. 2019.

do Rio de Janeiro), onde foi apresentado um sistema colaborativo para dar suporte a tomada de decisão em situações de emergência. Através do uso de *tabletops* (um tipo de tablet), o sistema em questão serve de plataforma para identificação de pontos de interesse, divisão de tarefas, divisão do território para atendimento, e para facilitar o trabalho de especialistas de diferentes áreas no posto de comando. A forma colaborativa com que os dados são coletados e analisados traz uma nova perspectiva, acaba por enriquecer a base de informações e auxilia na atuação em situações de emergência (ENGELBRECHT; BORGES; VIVACQUA, 2011).

Dentro deste enfoque, nota-se uma potencial necessidade de obtenção de imagens aéreas para auxiliar melhor um cenário de emergência. Podem existir dificuldades para encontrar focos de incêndio, ver estruturas em risco, encontrar sobreviventes, e sabe-se das necessidades dos Corpos de Bombeiros estaduais, da Defesa Civil e de outras equipes de busca e salvamento hoje no Brasil. Muitas vezes essas instituições sofrem com a falta de estrutura, investimento, e demora na adesão a novas tecnologias.

A forma de encarar esta situação, aproveitando a tecnologia presente hoje e o conhecimento acumulado do autor durante o curso, levou-o a pensar uma aplicação onde a equipe de resposta pudesse ver o cenário de emergência em tempo quase real através de fotos aéreas, que pudessem ser transmitidas para especialistas presentes ou distantes, e estes irão comentar e contribuir com seu conhecimento de forma colaborativa, gerando informações para apoio à tomada de decisão.

Logo, o objetivo principal deste trabalho é propor uma solução tecnológica colaborativa que ofereça suporte a tomada de decisão na resposta a situações de emergência, através da obtenção e disponibilização de mais informações sobre o cenário.

Como objetivos secundários, temos:

1. Desenvolvimento de sistema web para visualização do conteúdo, edição e colaboração;
2. Otimizar o tempo da resposta para as vítimas.

## 1.2 O PROBLEMA

Emergência, do latim *emergentia*, significa situação crítica e imprevista que demanda ação imediata; urgência<sup>3</sup>. Situações de emergência sempre irão existir, e podem ter inúmeras causas: criminais, naturais, acidentais, falhas, dentre outras. A resposta precisa ser rápida para que não haja um agravamento da situação e afete mais os envolvidos. Nesses momentos, a responsabilidade fica com as equipes de resposta designadas de acordo com o tipo de emergência. Os agentes responsáveis podem ser bombeiros (civil, militar, florestal), policiais, o SAMU, a Defesa Civil, a guarda costeira, o exército, ou outros agentes governamentais ou privados (OLIVEIRA, 2010).

Grande parte das emergências como deslizamentos de terra, incêndios, enchentes e terremotos envolvem o Corpo de Bombeiros e a Defesa Civil, e, como sabemos, no Brasil os seus recursos muitas vezes são limitados, seja por falta de pessoal, de estrutura, ou ausência de novas tecnologias.

Durante o atendimento, a atuação dos agentes pode acabar trazendo riscos desnecessários e impedir uma resposta eficaz por carecer de informações mais detalhadas. Uma construção pode desmoronar, um novo deslizamento de terra ocorrer, um foco de incêndio pode se alastrar, e é a informação aliada ao planejamento, experiência e organização de especialistas que irá proteger os profissionais e os possíveis resgatados.

Um problema comum que o Corpo de Bombeiros enfrenta, por exemplo, é a falta de informação da região ao redor de uma emergência (VIVACQUA; BORGES, 2012). Dependendo da ocorrência, a falta de visão aérea do local e de suas redondezas, traz limitações para os agentes. Em certos casos há a possibilidade de chamar um helicóptero para auxílio visual, porém isso depende da disponibilidade do piloto, do helicóptero, da manutenção estar em dia, da proximidade do local de decolagem, além de que é um ativo de alto custo operacional pois compreende o valor da compra, manutenção e pagamento de funcionários envolvidos (AUSVI, 2013). Outros problemas ocorrem com o uso de helicópteros, como: alto barulho emitido, vento gerado abaixo das hélices pode atrapalhar, altura mínima de voo e obstáculos impedem a aproximação com o terreno. Em outros casos nem há disponibilidade rápida de um helicóptero para auxiliar com visualização aérea, como por exemplo, em cidades menores e mais isoladas. O auxílio de aviões é possível, porém seu

---

<sup>3</sup> DICIONÁRIO MICHAELIS. Significado da palavra emergência. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/busca?id=mRMK>>. Acesso em: 24 jun. 2019.

uso faz mais sentido em cenários mais extensos como por exemplo em incêndios florestais. O avião tem uso bem específico, e traz limitações similares às do helicóptero, além de não ser tão útil em cidades.

Outro fator chave é o tempo, quanto mais lenta for a entrega de informação e análise, menores as chances de resposta à emergência com sucesso. Esse é um problema que ocorre nos casos onde o veículo de suporte aéreo mais próximo ao incidente está muito distante ou simplesmente não está disponível por estar atendendo outra chamada.

Analisando os problemas citados, a seguinte questão se apresenta:

**“Como apresentar uma solução de auxílio à tomada de decisão, que diminua o tempo de resposta à emergência e melhore a qualidade da informação?”**

### 1.3 HIPÓTESE

Atualmente, diversas ferramentas apoiam tomadores de decisão. Cada ferramenta possui prós e contras, cada uma pode servir para determinado objetivo, determinado caso de uso, e algumas permitem a integração com outras ferramentas, incrementando o processo. Drones já são utilizados em diversos países do mundo em ambientes de emergência, e em alguns casos pontuais no Brasil. E este trabalho propõe não apenas a utilização de drones e seus sistemas e aplicações originais, mas também a colaboração a partir de dados obtidos por eles, através da solução proposta.

Não é preciso erradicar o uso de outras ferramentas para utilização de uma nova, contudo, situações diferentes podem requerer soluções diferentes. Assim sendo,

**“Existindo uma situação de emergência, onde se faz necessário ter informações confiáveis e um baixo tempo de resposta, haverá uma solução que irá permitir a captura de dados, sua visualização, e a colaboração com base neles, e será capaz de auxiliar a tomada de decisão a ser feita pelos agentes de resposta à emergência, atendendo a estas demandas.”**

### 1.4 METODOLOGIA

Segundo Gil (2009), pesquisa é um procedimento sistemático e racional que tem por objetivo proporcionar respostas para os problemas que são propostos nela. Ela é necessária

quando não há informação suficiente para responder ao problema, ou quando a informação disponível é desorganizada e não pode ser diretamente relacionada ao problema.

Metodologia é o estudo da organização, dos caminhos a serem percorridos, para se realizar uma pesquisa ou um estudo. A metodologia se interessa pela validade do caminho escolhido para se chegar ao fim proposto pela pesquisa, e vai além da descrição dos procedimentos, indicando a escolha teórica feita pelo pesquisador para abordar o objeto de estudo (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Uma forma de testar uma teoria ou uma hipótese, é através de um experimento. Durante a montagem de um experimento, pode-se controlar os valores de uma variável estudada e, após sua execução, o resultado é observado. Com isso, é possível concluir que foi verificada a relação entre o que foi fixado, e o resultado. Quando o experimento é corretamente estabelecido, “devem ser geradas conclusões sobre a relação entre a causa e o efeito para os quais foi estabelecida uma hipótese” (NETO, 2015, p. 8).

Neto ainda afirma que (2015, p. 8):

“Em geral, a experimentação envolve observação, projeto experimental, coleta de dados, análise qualitativa ou quantitativa, avaliação do objeto de estudo (processo ou produto). Existem vários tipos de estudos na Engenharia de Software Experimental. Um estudo é o ato de descobrir algo desconhecido ou de testar uma hipótese, podendo incluir todos os tipos de análise quantitativa e ou qualitativa”.

Neste trabalho monográfico, a pesquisa será exploratória e descritiva, com levantamento bibliográfico sobre os temas relacionados, baseando-se em materiais publicados, como livros, teses, dissertações, notícias e materiais de empresas relevantes em seu meio. Haverá um experimento, e a avaliação se dará de forma qualitativa, com base em um cenário simulado, e com aplicação de questionário voltado para o grupo de interesse.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Neste capítulo serão apresentadas as definições, modelos e teorias defendidas pela literatura, relacionadas à proposta deste trabalho. Os temas principais de investigação são: domínio da gestão de emergências, tomada de decisão colaborativa e drones. Ainda como conteúdo deste capítulo, são apresentados os trabalhos relacionados à proposta de solução defendida.

### **2.1 DOMÍNIO DA GESTÃO DE EMERGÊNCIAS**

O domínio da Gestão de Emergências aqui enunciado tem por objetivo apresentar conceitos, conjunto de fases e desafios presentes no mesmo.

#### **2.1.1 Emergências, desastres e crises**

A emergência, também tratada como desastre em algumas literaturas, é um evento inesperado que ameaça as pessoas, a propriedade, a continuidade dos negócios, ou a comunidade, que demanda ações imediatas, esforços e recursos locais para minimizar suas consequências adversas ou salvar vidas (MACHADO, 2014).

De acordo com o Oliveira (2010), o conceito de desastre é frequentemente associado a catástrofes naturais de evolução súbita e grande intensidade como secas, incêndios florestais, terremotos, furacões, vendavais ou erupções vulcânicas, que acabam acarretando danos e prejuízos ao meio ambiente, pessoas e propriedades. Porém a definição de desastre envolve bem mais que a simples ocorrência desses eventos e, segundo a doutrina brasileira, desastre é o resultado de um fenômeno, que pode ser natural, causado pelo homem ou decorrente da relação entre ambos. O fenômeno em si é chamado de evento adverso, e este sim é o causador do desastre.

Já segundo Machado (2014, p. 23), desastre pode ser definido como “um evento, natural ou produzido pelo homem, súbito ou progressivo, que afeta com gravidade a comunidade, manifestando o rompimento ou destruição, total ou parcial, do sistema social ou dos meios de subsistência”. E como consequência, o desastre “impõe uma dedicação de recursos além do âmbito normal de uma jurisdição ou ramo do governo para enfrentá-lo através de medidas excepcionais ou para restaurar a estabilidade dessa comunidade.

Outro conceito comumente visto dentro da gestão de emergência é crise. O CDC (Centros de Controle e Prevenção de Doenças) estadunidense afirma (REYNOLDS; SEEGER, 2014) que uma crise envolve diversos participantes, e dependendo da localização e da natureza do evento, diferentes agências e grupos assumem diferentes papéis.

E o que emergências, desastres e crises têm em comum, é que são situações ruins que já aconteceram ou estão acontecendo, que são inesperadas em algum nível, e uma resposta imediata é requerida. Quando essa situação ruim ou inesperada ocorre, pode ser chamada de emergência, desastre, ou crise, dependendo de quem está envolvido, a magnitude, e qual o estágio atual do evento, de acordo com Reynolds e Seeger (2014).

Durante uma crise ou uma emergência, existe uma condição de ameaça que vai requerer tomada de ações urgentes. Uma resposta eficaz à emergência pode evitar que um evento se transforme em um desastre. A gestão de emergência abrange a criação de planos, arranjos para guiar e trazer responsabilidade a todos os atores envolvidos nas respostas às necessidades de uma emergência. Estes atores podem ser o governo, organizações não governamentais, entidades voluntárias e agentes privados, que deverão agir de forma coordenada e integral. (OLIVEIRA, 2010).

O CDC também descreve bem os participantes que podem estar envolvidos em uma emergência:

- Agências locais, estaduais e federais de Saúde Pública;
- Agências de Defesa Civil;
- Corpo de Bombeiros;
- Departamento de polícia;
- Serviços médicos de emergência;
- Organizações de saúde;
- Agências de resposta não-governamentais, como a Cruz Vermelha;
- Organizações religiosas;
- Empresas;

### **2.1.2 Classificação de desastres**

Os desastres podem ser classificados segundo alguns critérios, porém não há um padrão internacional amplamente aceito, devido a divergências entre os especialistas sobre critérios, métodos e forma da classificação. A Cruz Vermelha Internacional afirma



(BURNHAM; RAND, 2008) que não há uma simples medida que possa capturar todo o escopo de um desastre, porém uma medida comum é o número de pessoas mortas ou afetadas. Um indivíduo irá considerar o impacto em si e na sua família e no seu círculo de convivência. Gestores de emergências irão considerar a velocidade e o sucesso da resposta ao desastre. Economistas irão medir prejuízos materiais e financeiros. Políticos irão medir o dano à sua imagem caso a resposta do estado não seja adequada. Trabalhadores do setor da saúde irão considerar os recursos necessários para atender o desastre. Outros podem focar no impacto social, na infraestrutura, ou no meio ambiente. Porém, para se pensar seriamente qual a escala de um desastre, deve-se considerar todos os que foram afetados, e suas perdas imediatas e de longo prazo.

Segundo Oliveira (2010), no Brasil o governo define a classificação de desastres quanto à evolução, quanto à intensidade e quanto à origem.

No quesito Evolução, os desastres podem ser:

- Súbitos ou de evolução aguda: de evolução rápida, ou também devido a fenômenos violentos;
- Lentos ou de evolução crônica: com evolução progressiva ao longo do tempo, como secas e estiagens;
- Por somação de efeitos parciais: com eventos semelhantes e repetidos, como acidentes de trânsito, que tendo seus danos somados depois de um certo período, caracterizam um desastre de grande importância.

No quesito Intensidade, os desastres se dividem em:

- Nível I: desastres de pequeno porte, com danos facilmente suportáveis e superáveis pelas comunidades afetadas;
- Nível II: desastres de médio porte, com danos e prejuízos que podem ser superados com recursos da comunidade afetada, caso haja uma mobilização da mesma;
- Nível III: desastres de grande porte, que exigem apoio externo e ações complementares para superar danos e prejuízos;
- Nível IV: desastres de muito grande porte, que mesmo a comunidade estando informada, preparada e mobilizada, não terão danos e prejuízos superáveis ou suportáveis sem apoio externo.

E quanto a Origem, podem se dividir em desastres resultantes de:

- Fenômenos naturais: caracterizados por fenômenos e desequilíbrios do meio ambiente, causado por fatores que atuam de forma independente da ação do homem;
- Fenômenos humanos: caracterizados pela ação ou omissão do homem na causa dos mesmos;
- Fenômenos mistos: caracterizados pela ação ou omissão do homem contribuindo para aumentar desastres naturais.

### 2.1.3 Ciclo da emergência/desastre

Em um desastre (ou uma emergência), pode-se observar a presença de um ciclo. O desastre pode ocorrer com ou sem uma fase de alerta. Após o desastre, ocorre uma resposta. A resposta pode ser ajudada substancialmente por ações de preparação feitas antes que o desastre ocorresse. As ações de socorro irão ocorrer durante a resposta, e, com o fim desta, se seguirá a fase de reconstrução. Durante a reconstrução, as lições aprendidas serão aplicadas para a prevenção dos efeitos de novos desastres deste tipo no futuro, e ajudarão na preparação para a resposta aos mesmos, caso ocorram (BURNHAM; RAND, 2008). A **Figura 1** apresenta o ciclo com estas quatro fases: prevenção, preparação, resposta e reconstrução.

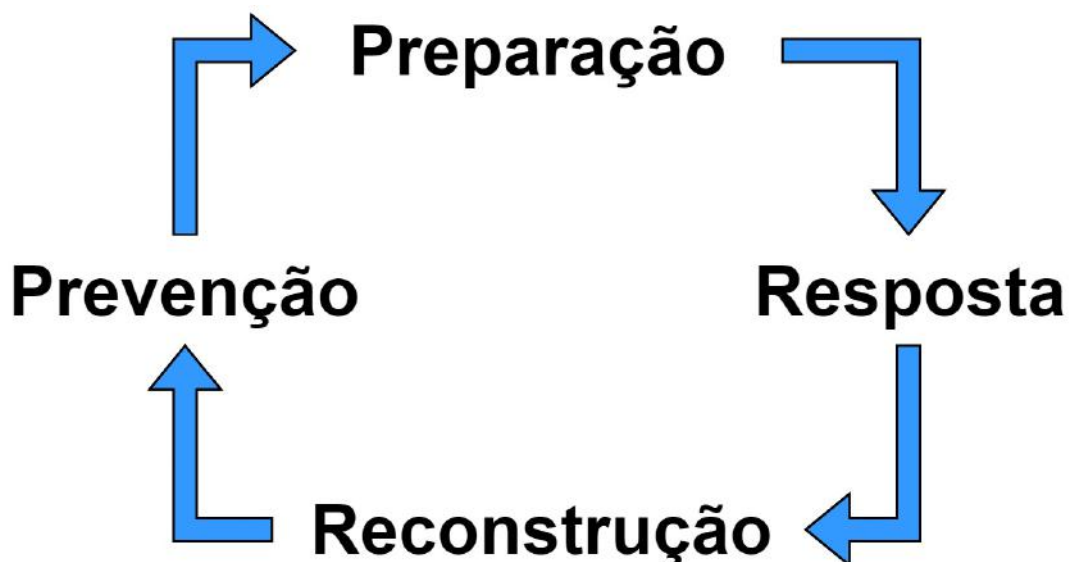


Figura 1: Ciclo da emergência ou desastre.

Conforme Oliveira (2010), a prevenção é a primeira fase dentro da administração de um desastre. Ela engloba as ações que visam evitar a ocorrência de desastres, ou diminuir o impacto das consequências.

A preparação é a segunda fase dentro da administração de um desastre, e contempla as ações que buscam melhorar a capacidade de indivíduos e organizações frente aos desastres, para que possam atuar quando houver a ocorrência dos mesmos.

A resposta é a terceira fase da administração de um desastre, que abrange o conjunto de ações tomadas para socorrer e auxiliar as partes atingidas (pessoas, animais, meio ambiente, construções, etc.), reduzindo danos e prejuízos e garantindo funcionamento dos principais sistemas da comunidade, caso presentes. É a fase mais complexa e também a mais estudada de todas, conforme Vivacqua e Borges (2012). Ainda sobre essa fase, estes afirmam que se pode observar a presença de características como “imprevisibilidade, (alta) velocidade de eventos, (alto) número de pessoas envolvidas, tempos curtos de decisão e ação, indisponibilidade de recursos, incerteza sobre a situação, pressão e estresse sobre os envolvidos”.

A reconstrução é a quarta e última fase dentro da administração de um desastre, e engloba as ações com fins de recuperação das partes atingidas, como por exemplo reconstrução de uma comunidade atingida, permitindo a volta ao estado de normalidade, e sempre levando em conta a minimização de novos desastres.

Burnham e Rand (2008) comentam que certos tipos de desastres podem ser previstos, e podemos considerar esta a fase de alerta, que pode existir ou não, e ocorre antes do desastre, se colocando no ciclo de emergência antes da etapa de resposta. Alguns exemplos de desastres que podem ser previstos são tempestades tropicais e tsunamis, e, em cenários como esses, a população pode ser alertada pelas autoridades para se preparar.

#### **2.1.4 Gestão de emergências**

Gestão de emergências (GE), ou gestão de desastres, foi definida dentro da Estratégia Internacional para a Redução de Desastres das Nações Unidas (2009 apud OLIVEIRA, 2010, p. 8) como “A organização e a gestão dos recursos e responsabilidades para abordar todos os aspectos das emergências, especialmente a preparação, a resposta e os passos iniciais da reabilitação (reconstrução)”.

A gestão de emergências se caracteriza como “todo o processo de planejamento e intervenção de resgate para reduzir o impacto de emergências, bem como as medidas de

resposta e recuperação, para atenuar as consequências sociais, econômicas e ambientais significativas para a comunidade” (NIMPUNO; HILMAN, 1998 apud MACHADO, 2014, p. 25).

Drabek e Hoetmer apontam que “GE é a disciplina e profissão de aplicação da ciência, tecnologia, planejamento e gestão para lidar com eventos extremos que podem ferir ou matar um grande número de pessoas e fazer grandes danos à propriedade” (1991 apud MACHADO, 2014, p. 25).

A GE, deve ser abrangente, progressiva e não somente reativa, e o processo associado deve contemplar a análise de riscos e impactos, precisa considerar todas as fases do ciclo de emergência, priorizar ações para minimizar impactos presentes e futuros no cenário. A GE envolve matérias como gestão de risco, liderança e colaboração, e uma boa gestão de emergências deve sempre ter em vista o impacto final no ambiente e nas vidas atingidas ou atingíveis.

No Brasil, a Defesa Civil por exemplo está diretamente envolvida na administração dos desastres, atuando na redução de consequências de eventos adversos, na prevenção e na preparação. O Corpo de Bombeiros também está envolvido dentro da gestão de emergência, com o foco maior na resposta à mesma.

A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil define que “a Defesa Civil brasileira é organizada por um sistema - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC)” e segue apontando que sua composição se faz “pela administração pública da União, Estados, Distrito Federal e Municípios e também das entidades da sociedade civil responsáveis pelas ações de defesa civil no país.”. O documento também define que este Sistema Nacional deve atuar em ações de prevenção de desastres, mitigação de riscos, preparação, resposta e recuperação (BRAUN, [s.d.]).

Dentro desse contexto, principalmente na etapa de resposta da emergência, diversos times e organizações trabalham em conjunto, e seus esforços na busca pela normalização da situação convergem para o mesmo resultado. Este tipo de atividade é colaborativo por natureza, e a comunicação entre múltiplos agentes é um aspecto principal da atividade. O entendimento comum do cenário que envolve o evento leva a respostas mais colaborativas e efetivas. (QUINTANILHA; BORGES; VIVACQUA, 2011).

## 2.2 TOMADA DE DECISÃO COLABORATIVA

Dentro do ciclo da emergência, sempre ocorrerão tomadas de decisão, que vão desde um indivíduo de alto nível hierárquico dentro de um governo, por exemplo, que precisa direcionar políticas públicas adequadas para a prevenção de desastres, até um agente de resposta no campo, no meio de um incêndio, que precisa tomar uma decisão em questão de segundos devido aos riscos presentes. A colaboração também entra para apoiar a tomada de decisão durante a gestão da emergência. A seguir, haverá a exposição dos tópicos relacionados à tomada de decisão colaborativa, e sua aplicação no âmbito da emergência.

### 2.2.1 Tomada de Decisão

Em uma emergência, pode não haver tempo suficiente para planejar e agir, e mesmo quando há um preparo prévio, uma estrutura posta, as pessoas precisam estar treinadas para decidir sob pressão do tempo.

O processo de tomada de decisão é um tópico popular em diversas áreas, e é composto por quatro etapas básicas: entendimento do problema, seleção de uma ação baseada na experiência anterior, elaboração de plano de ação, e implementação do plano. (PADILHA, 2010). Além disso, “o processo de tomada de decisão é o resultado da combinação de conhecimento pessoal prévio, com o conhecimento formal prévio, e o conhecimento contextual atual” (PADILHA et al., 2010, p. 761).

No âmbito da gestão de tecnologia, por exemplo, a tomada de decisão é uma função muito importante de um administrador, que lida com atividades de planejamento, direção e controle. O processo de tomada de decisão é complexo, e pode seguir por diversos caminhos, que variam desde um impulso repentino, complementado por imposição de regras ou ordens, até uma análise profunda aliada a um trabalhoso processo de negociação e compromisso, conforme afirma Machline (1977).

Nesse contexto, dentro do estudo da tomada de decisão, Machline também mostra que existem dois conceitos muito importantes: valor e utilidade. O valor é um princípio de eficácia, para o qual submetemos nossas decisões. Alguns exemplos de valor são: busca por lucro, aversão a risco, desejo de ajudar o próximo. Cada indivíduo, organização e sociedade possui um perfil diferente de valores, e isso muitas vezes define diferentes linhas de ação diante de um mesmo problema. Uma decisão tomada é totalmente ligada ao perfil de valores

da pessoa, ou do grupo a quem o decisor pertence, também é subjetiva, e não é transferível para outro responsável. O segundo conceito, de utilidade, é a unidade que permite realizar medições quantitativas na escala de valor. A utilidade de um ganho varia de decisor para decisor, assim como a não utilidade de um prejuízo. E nesse arcabouço composto pelo sistema de valores, e delineado pela métrica das utilidades, se passa o processo de tomada de decisão.

Já dentro do contexto de uma emergência, a tomada de decisão irá variar de acordo com a complexidade do cenário. Existe uma discussão sobre os fatores que podem afetar esta tomada de decisão, como o esforço realizado e a chance da mesma estar correta. Além destes, outros fatores são relevantes, como a quantidade de fontes de informação a serem consideradas durante o processo, e a restrição de processamento e de memória quando um decisor se encontra sob estresse, por exemplo. É importante também notar que a informação está inserida em todo o processo que gera o conhecimento requerido para a tomada de decisão (PADILHA, 2010).

### **2.2.2 Colaboração**

Segundo o dicionário Michaelis<sup>4</sup>, colaboração é “ato ou efeito de colaborar, de trabalhar em conjunto; cooperação, ajuda”.

Colaboração, no âmbito da geração de conhecimento, pode ser vista quando trabalhadores realizam tarefas em grupo, compartilham e aprendem uns com os outros. As interações são possíveis e muitas vezes incentivadas devido à complexidade e interdisciplinaridade das tarefas. Grupos podem se formar para resolver problemas, e a organização do paradigma de comando e controle acaba sendo substituída por uma menos hierarquizada e mais participativa onde se faz presente a comunicação, a coordenação e a cooperação (FUKS et al., 2002)

Quando se fala em colaboração, pode-se pensar em cooperação como um termo sinônimo, porém existem algumas linhas de opiniões diferentes sobre isto na literatura. Há os que acreditam que colaboração e cooperação são sinônimas, uns que pensam que colaboração está contida na cooperação, outros que afirmam o contrário, e os que veem os dois termos de

---

<sup>4</sup> DICIONÁRIO MICHAELIS. Significado da palavra colaboração. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/colabora%C3%A7%C3%A3o/>>. Acesso em: 21 jun. 2019

forma concorrente, conforme mostrado por Kemczinski et al. (2008). Estes, porém, apontam que o maior conjunto de autores têm como visão (2008, p. 4):

Cooperação implica em trabalhar em um projeto, onde é feita a divisão de trabalhos do projeto e cada integrante do grupo realiza uma parte da tarefa individualmente e no final são unidas as partes e concluído o projeto. Já o termo colaboração, vai muito além de um simples trabalho em grupo onde existe apenas uma parcela de contribuição de cada pessoa para o desenvolvimento do trabalho. Não é uma relação hierárquica, onde as coisas são impostas; mas uma relação entre pessoas que saibam ouvir, compartilhar ideias e trabalhar unanimemente permitindo que haja uma constante interação entre os membros do grupo.

Ainda existe a percepção de que “a colaboração envolve o acoplamento mútuo dos participantes, em um esforço coordenado para resolverem o problema.”, enquanto a cooperação se mostra “caracterizada pela divisão de trabalho entre os participantes, onde cada estudante é responsável por uma parte da informação requerida para resolver o problema” (KEMCZINSKI et al., 2008, p. 4).

Segundo Fuks et al. (2002), quando há colaboração em um grupo de trabalhadores do conhecimento, é possível produzir melhores resultados que individualmente. Quando há a formação de um grupo, ocorre a complementação de capacidades, conhecimentos e esforços de cada membro. Colaborando, um indivíduo pode receber retorno de demais membros caso siga por uma linha de raciocínio errada, mais demorada, ou com inconsistências. Juntos, conseguem buscar ideias, informações e referências, conseguem gerar soluções criativas, comparar, levantar vantagens e desvantagens, e tomar decisões, tudo isso com intuito de atingir um objetivo comum.

### **2.2.3 Aplicação no âmbito da emergência**

Dentro do ciclo da emergência, na etapa de resposta, que é a mais complicada, ocorrem ações de tomada de decisão colaborativa. Nessa etapa é preciso colocar em prática os planos de ação que devem ter sido desenvolvidos e treinados previamente (na fase de preparação). Porém, como cada situação de emergência é única, os planos acabam não sendo executados à risca e precisam de adaptações, e isso leva à situação em que o pessoal, os agentes de resposta envolvidos, precisam tomar decisões, realizar ações e criar novos procedimentos durante a resposta à emergência (VIVACQUA; BORGES, 2012). Ainda sobre a etapa de resposta, Vivacqua e Borges (2012, p. 191) dizem:

Diniz et al. (2008) constata que esse processo (da resposta) em si é um ciclo composto de três passos: primeiro, a situação é compreendida e as decisões são tomadas; segundo, são realizadas as ações selecionadas, que afetam, juntamente com eventos externos, o contexto situacional; isso gera a necessidade de atualizar informações sobre a emergência para que novas decisões possam ser tomadas (terceiro).

Além disso, todas as fases do ciclo da emergência requerem informações do local de origem da emergência, assim como da região próxima à mesma. O que diferencia a necessidade em cada fase é o tipo de informação necessária, e qual o processo pelo qual a informação passa, para assim produzir os resultados esperados em cada fase. O tempo também é um fator crítico, dependendo da fase, pois a rapidez com que o ambiente muda afeta as ações correntes e futuras do gerenciamento da emergência, conforme Vivacqua e Borges (2012).

Dentro desse contexto, ainda de acordo com Vivacqua e Borges, um ponto de atenção durante o processo de tomada de decisão é lidar com o excesso de informações que chegam em situações de crises. Isso significa que muitas vezes os tomadores de decisão recebem muito mais informações do que conseguem processar, vindas por exemplo de civis presentes no local, de agentes de resposta que estão em campo, ou por outras origens, e a limitação de tempo é um fator limitador. Então, o suporte dado por ferramentas e indivíduos que, através de análise e de colaboração, produzem conteúdo filtrado e estruturado, se mostra de grande importância.

Logo, vê-se que a atuação de especialistas e agentes de resposta envolvidos em uma emergência, de forma colaborativa, compartilhando o conhecimento de cada um, com apoio das informações coletadas do local, das redondezas da emergência, e também de materiais produzidos em etapas anteriores do ciclo (caso existam), levam a decisões melhores suportadas.

## 2.3 DRONES

Drone, também chamado de VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) ou pela sigla inglesa UAV<sup>5</sup> (CHOI-FITZPATRICK et al., 2016), é um termo de origem inglesa mundialmente reconhecido para designar uma aeronave que não possui piloto mas é

---

<sup>5</sup> *Unmanned Aerial Vehicle.*



controlada por alguém no chão, usada especialmente para vigilância, ou soltar bombas, ou então como *hobby*<sup>6</sup>. Este termo genérico pode designar diversos veículos, como por exemplo aviões, helicópteros, multirotores (aparelho de asa rotativa), balões, ou qualquer outro tipo de veículo que voa e que atenda as características citadas anteriormente. O drone pode ter vários tamanhos, e seu nível de autonomia pode variar, sendo desde um drone parcialmente autônomo e que dependa de algum controle humano para sua operação, até um drone totalmente autônomo, que significa que não necessita de ação humana para seu funcionamento (LONGHITANO, 2010).

De acordo com um relatório do DoD (Departamento de Defesa dos EUA) (2002, p. 2), drones (ou UAVs) são:

Veículos aéreos que não carregam operador humano, utilizam forças aerodinâmicas para se elevar, podem voar autonomamente ou serem pilotados remotamente, podem ser descartáveis ou recuperáveis, e podem transportar cargas bélicas ou não-bélicas. Excluem-se dessa definição veículos balísticos e semi-balísticos como mísseis de cruzeiro, e projéteis.

Segundo Longhitano (2010), existem outras expressões que podem também se referir a esse tipo de dispositivo, como por exemplo *Remotely Operated Aircraft* (ROA, que significa Aeronave Operada Remotamente), *Remote Piloted Vehicle* (RPV, que significa Veículo Pilotado Remotamente), *Airborne Remotely Operated Device* (AROD, que significa Dispositivo Aéreo Remotamente Operado). Estas expressões são específicas para aeronaves pilotadas remotamente. Com o passar do tempo surgiram os termos UAS<sup>7</sup> e UAVS<sup>8</sup>, criados para adequar a nomenclatura ao que de fato esses dispositivos haviam se tornado: sistemas (*systems*). Esse conceito de ‘sistema’ abrange outros componentes além do veículo aéreo, que podem ser de hardware ou software, como estação de comando, sensores, telemetria, navegação, dentre outros. O governo americano, através do DoD e da FAA<sup>9</sup>, adota a expressão UAS.

A origem do termo Drone veio do meio militar, mais especificamente da Marinha norte-americana (AVIATION WEEK, 2016), e remonta à década de 30 (1936) quando foi

---

<sup>6</sup> DICIONÁRIO CAMBRIDGE. Significado da palavra drone. Disponível em: <<https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/drone>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

<sup>7</sup> *Unmanned Aerial Systems*.

<sup>8</sup> *Unmanned Aerial Vehicles Systems*.

<sup>9</sup> *Federal Aviation Administration*.

cunhada pela primeira vez pelo comandante da marinha americana Delmer Fahrney, ao designar aviões-alvo sem piloto. Este termo foi o mais usado no mundo por cerca de 60 anos, inclusive por revistas do meio aeronáutico a partir da década de 40, para denominar qualquer veículo aéreo não tripulado que não fosse um míssil.

A primeira alternativa a esse nome com aprovação oficial foi RPV<sup>10</sup>, que significa Veículo Pilotado Remotamente e surgiu em 1970. Porém este termo possui um escopo limitado para os dias de hoje pois pode se referir apenas a veículos pilotados por alguém de forma remota, e exclui os que possuem funções autônomas de pilotagem, cada dia mais frequentes. O termo UAV (VANT em português) surgiu numa revista de aviação em 1986, e, junto do mais recente UAS, se tornaram as denominações oficiais e científicas dominantes a partir dos anos 2000.

Apesar dessas diversas terminologias, muitas delas não se popularizaram, e hoje a bibliografia internacional adota predominantemente o nome UAV. Porém, neste trabalho foi adotado o termo ‘drone’, que foi o predominante por tantas décadas e é a variante mais popular e facilmente reconhecida por leigos pois é muito usada no meio comercial, tanto na língua portuguesa como na inglesa.

Os drones podem servir para diversos fins, civis ou militares. A lista de aplicabilidades é extensa e será detalhada mais a frente, mas podemos resumir em dois tipos centrais de atuação que chamaremos de passiva e ativa. A primeira atuação que chamamos de passiva, se refere aos casos em que o drone não afeta o ambiente que está sobrevoando, seja apenas voando sem obter dados do ambiente, seja no caso de uso para sensoriamento remoto, em que o drone possui a capacidade de, por exemplo, coletar dados de vento, humidade, captar imagens aéreas, dentre outras possibilidades. A segunda atuação, ativa, se refere aos casos onde o drone modifica o ambiente em que está inserido, seja lançando objetos como encomendas, ou fertilizantes, ou até fazendo ataques com armas. O foco deste trabalho é a atuação do drone de forma passiva, para sensoriamento remoto.

### **2.3.1 Histórico do uso de drones para sensoriamento remoto**

De acordo com registros históricos, um dos primeiros artefatos voadores não tripulados remonta ao século 18, antes mesmo dos voos tripulados, e ocorreu mais

---

<sup>10</sup> *Remotely Piloted Vehicle.*

especificamente no ano de 1709 quando um padre brasileiro chamado Bartolomeu Lourenço de Gusmão projetou e construiu um balão de ar quente e o demonstrou perante o rei João V de Portugal e o resto da corte portuguesa (LONGHITANO, 2010).

A primeira fotografia aérea veio a ser capturada em 1858 através de um balão cativo, tripulado no caso, do francês Gaspard Felix Tournachon.

Segundo Longhitano (2010), acredita-se que George R. Lawrence foi, em 1906, o pioneiro em utilizar imagens aéreas para avaliar impactos pós-desastre. George utilizou um conjunto de 17 pipas para capturar uma fotografia aérea de San Francisco (EUA) após o terremoto que ocorreu em 18 de abril de 1906.

A **Figura 2** retrata uma fotografia aérea oblíqua obtida por Lawrence de San Francisco em 1906.



Figura 2: Fotografia aérea de San Francisco após o terremoto de 1906, obtida por câmera panorâmica acoplada a pipas. Fonte: Library of Congress<sup>11</sup>.

Ainda de acordo com Longhitano, com o advento e aprimoramento da aviação, no final do século XIX e início do século XX, houve o início dos primeiros projetos de aeronaves de asas fixas não tripuladas, motivados primariamente para fins militares. Isso acelerou o desenvolvimento das primeiras plataformas de sensoriamento remoto por VANTs.

O primeiro VANT controlado via rádio foi desenvolvido em 1935 por Reginald Denny, e se chamava RP-1. Na guerra do Vietnã, que ocorreu durante a Guerra Fria, foram utilizados alguns dos primeiros drones com sucesso, e alguns deles foram o AQM-34 Ryan

---

<sup>11</sup> Disponível em: <<https://www.loc.gov/resource/pan.6a34514/>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

Firebee, o D-21 e o Lightning Bug. Um exemplo de drone utilizado para fins militares pode ser visto na **Figura 3**.

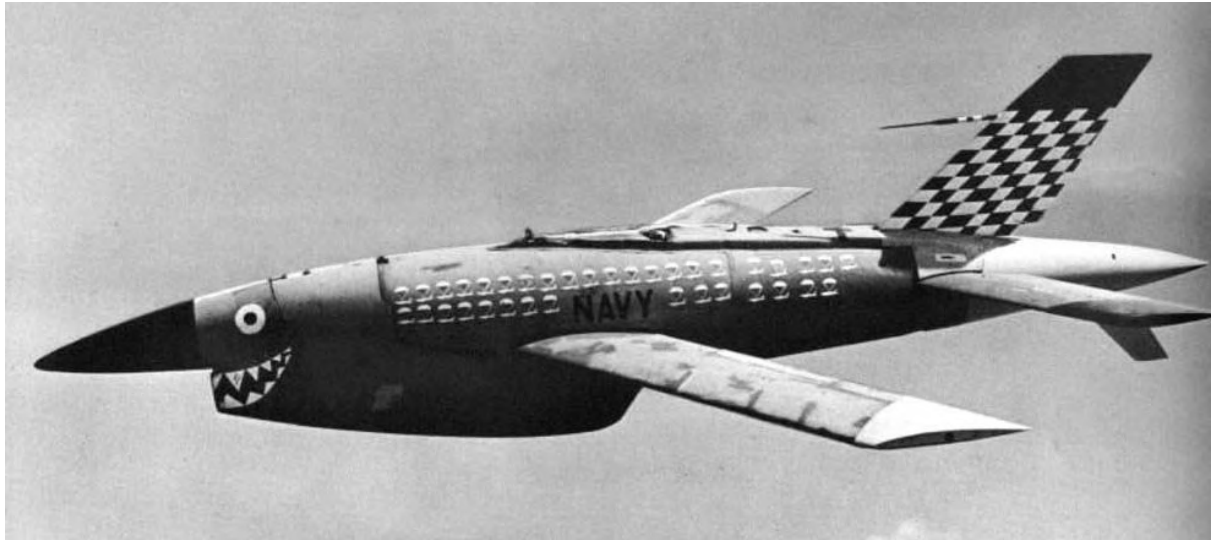


Figura 3: Drone Ryan Firebee da marinha americana com 36 marcas de missão bem-sucedida na fuselagem. Fonte: Flickr<sup>12</sup>.

Se anteriormente os drones eram usados principalmente para fins militares como ataque ou vigilância, hoje os drones para uso pacífico e civil dominam o mercado, apesar das aplicações militares também terem crescido. (CHOI-FITZPATRICK et al., 2016).

### 2.3.2 Composição e funcionamento

Um drone moderno é composto por *hardware* (componentes físicos) e *software* (parte lógica, sistemas), e comumente alimentado por energia armazenada em baterias recarregáveis.

Silva afirma (2015, p. 26) que:

...a estrutura funcional de um VANT é composta pelos seguintes itens, conforme tradução livre: o veículo aéreo em si (*air vehicle*), a carga útil que transporta (*payloads*), sistema de navegação (*navigation*), sistema de comunicações (*communications*), uma estação de controle/pilotagem remota (*control station*), um sistema de lançamento e recuperação (*launch and recovery*), outras interfaces para missões específicas (*other system interfaces*), alguns equipamentos de suporte (*support equipment*) e equipamentos de transporte (*transportation*). Ressalta-se, porém, que nem todos esses

<sup>12</sup> Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/59573009@N08/6157854582/>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

componentes são necessários, sempre dependendo do tipo de equipamento e de missão a ser desempenhada.

Como apontado anteriormente, um drone pode operar de forma autônoma, semiautônoma, ou de forma manual. Nestes dois últimos, se faz necessária a presença de alguém que o pilote remotamente.

Muitos dos drones existentes hoje possuem câmeras acopladas, que são de grande utilidade para obtenção de imagens seja para qual for o fim. Além disso, podem ter a capacidade de transmitir as imagens em tempo real, através de algum protocolo de comunicação proprietário ou aberto, e facilitar a operação e o processo de captura de imagens. De acordo com Longhitano (2010, p. 75):

A função de transmissão de informações e imagens em tempo real, principalmente através de vídeo, é recomendada para que sejam visualizados elementos ambientais importantes em tempo real através do vídeo, o que pode inclusive determinar a obtenção de imagens de áreas específicas anteriormente ao pouso do VANT, gerando agilidade para a obtenção de imagens relevantes. A capacidade de armazenamento das informações é imprescindível, para casos de falha na transmissão.

Com o desenvolvimento tecnológico, os drones se tornam cada vez mais capazes de transportar cargas mais pesadas, voar maiores distâncias, e suas cargas úteis como câmeras e sensores também se tornam menores e mais leves. Essas evoluções levam inclusive ao crescimento da indústria de drones, ao passo que aumenta a gama de oportunidades de atuação na sociedade (PECHARROMÁN; VEIGA, 2016).

### **2.3.3 Tipos de drone**

Dentre as características visuais que diferenciam os drones, pode-se notar diferenças de tamanho, pois existem drones que variam desde pequenas aeronaves que cabem na palma da mão, até grandes plataformas com medidas, peso e potência similares às de aeronaves tripuladas. O *design* também varia de forma significativa, já que dentre os drones, encontramos aeronaves de asa fixa, que remetem ao formato de aviões; aparelhos de asa rotativa (multirotores) que remetem à capacidade de voo e navegação de um helicóptero; e também balões e dirigíveis, que se erguem por serem mais leves do que o ar (CRUZ VERMELHA, 2015).

No Brasil, a regulamentação dos drones envolve a ANATEL<sup>13</sup>, o DECEA<sup>14</sup> e a ANAC<sup>15</sup>. Esta última agência define que “as aeronaves remotamente pilotadas (RPA) estão divididas em três classes, de acordo com o peso máximo de decolagem, no qual deve ser considerado os pesos da bateria ou combustível do equipamento e de carga eventualmente transportada” (ANAC, 2017).

Segundo as informações consultadas, a classificação dessas aeronaves se dá da seguinte forma, com regras específicas de operação para cada uma destas classes:

- Classe 1 – Peso máximo de decolagem maior que 150 kg
- Classe 2 – Peso máximo de decolagem maior que 25 kg e até 150 kg
- Classe 3 – Peso máximo de decolagem de até 25 kg
  - Aeromodelos ou RPA com peso máximo de decolagem de até 250g
  - RPA com peso máximo de decolagem maior que 250g e até 25 kg

### 2.3.4 Aplicações

Apesar de ter se popularizado com o uso no meio militar, com atividades como monitoramento e ataque, o uso de drones por civis vêm aumentando dramaticamente ano após ano. Seu uso varia desde a prática de voo como *hobby*, como recreação, passando pelo uso comercial, e serve até para fins de ajuda humanitária, ou entrega de auxílio pós-desastre, promovido por ONGs<sup>16</sup> e governos pelo mundo, por exemplo.

Segundo Pecharromán e Veiga (2016), no Estudo sobre a Indústria Brasileira e Européia de VANTs, as principais aplicações comerciais de drones ocorrem nos seguintes setores: infraestrutura, transporte, seguros, entretenimento, telecomunicações, agricultura, segurança, mineração e atividades humanitárias. Algumas aplicações são detalhadas abaixo, separadas por setor:

- Infraestrutura: monitoramento de construções, inspeções de manutenção, inventário de ativos;
- Transporte: entrega de encomendas, peças de reposição, medicamentos, equipamentos médicos, alimentos;

---

<sup>13</sup> Agência Nacional de Telecomunicações.

<sup>14</sup> Departamento de Controle do Espaço Aéreo.

<sup>15</sup> Agência Nacional de Aviação Civil.

<sup>16</sup> Organizações Não Governamentais.

- Seguros: monitoramento e avaliação de riscos, gestão de sinistros e prevenção de fraudes;
- Mídia e entretenimento: fotografia, filmagens aéreas, publicidade, espetáculos e apresentações artísticas;
- Telecomunicações: inspeções de antenas e redes, planejamento de investimentos, transmissão de sinais;
- Agricultura: supervisão do campo e da produção, análise de solo, pulverização;
- Segurança: monitoramento de fronteiras ou de uma região, rastreamento de indivíduos ou veículos;
- Mineração: análise visual ou por coleta, monitoramento do meio ambiente;
- Atividades humanitárias: monitoramento de áreas de desastre, censo do meio ambiente, vigilância, desativação de minas;

Conforme Choi-Fitzpatrick et al. (2016), podemos classificar os tipos de usuários em: organizações intergovernamentais, governos, empresas, academia e ciência, grupos da sociedade civil, indivíduos identificados, indivíduos não identificados. Sobre a tipologia dos usos, pode-se listar as seguintes: uso pessoal, agricultura, artes e entretenimento, comércio, serviços de emergência e resposta a desastres, jornalismo, saúde e segurança pública, movimentos civis e sociais, vigilância, pesquisa científica, conservação da vida animal e do meio ambiente, crime, uso militar, uso policial, dentre outros.

Vale ressaltar que existem vários fatores que interferem no ritmo de adoção de novas tecnologias numa sociedade, e as aplicações com drones estão sujeitas a eles. Dentre estes fatores, há os impulsionadores (facilitadores) e os limitantes (obstáculos) (PECHARROMÁN; VEIGA, 2016). Dentro dos fatores impulsionadores, podemos listar: quadros regulamentares desenvolvidos e implementados, crescente demanda de dados de alta qualidade, melhor acessibilidade e processamento dos dados, novas necessidades tecnológicas. Já dentre os fatores limitantes, tem-se os seguintes temas: segurança das operações dos drones, questões de privacidade, disponibilidade de cobertura de seguro. Logo, a implementação de soluções comerciais envolvendo drones pode ser limitada ou incentivada, dependendo da maturidade das discussões e consensos sobre as questões jurídicas, assim como da demanda de mercado.

### 2.3.5 Aplicação de drones no campo da emergência

Drones já são utilizados atualmente pelo mundo em respostas a desastres, como em terremotos, furações, deslizamentos, enchentes, e têm participação em outras etapas do ciclo de emergência. As quatro etapas, conforme mencionamos anteriormente, são: prevenção, preparação, resposta e recuperação. O uso de drones é muito maior na etapa de resposta, comparado ao uso nas demais, e ainda assim são incrivelmente subutilizados. São muitas as oportunidades e aplicações possíveis, conforme aponta um documento produzido pela Cruz Vermelha Americana (2015) em parceria com o governo americano e diversas empresas do setor.

A Cruz Vermelha ainda afirma (2015, p. 12):

Talvez grande parte dessa hesitação possa ser atribuída ao ceticismo sobre a real existência de um argumento utilitarista para drones dentro do planejamento e da resposta à emergência. Os sistemas não tripulados podem ser caros, exigem operadores e trabalhadores especializados para manutenção, e têm um histórico curto de uso bem sucedido em desastres. A integração de soluções envolvendo drones às operações também pode parecer um desafio logístico que as autoridades não querem assumir durante os desastres, quando cada momento pode ser a diferença entre a vida e a morte. No entanto, há várias razões fortes para usar a tecnologia de drones em vez de, ou em combinação com, aeronaves tripuladas tradicionais. Juntos, forma-se um argumento humano e econômico convincente para o uso de drones antes e depois dos desastres.

Pecharromán e Veiga (2016, p. 14) afirmam que “a tecnologia de imagens aéreas, juntamente com voo autônomo e coordenação, pode reformular a nossa capacidade de resposta a desastres rapidamente”. Uma aplicação prática imaginada por eles, com a utilização de drones autônomos, é apresentada:

Os drones tomariam os céus, espalhando-se em formação em grade para obter imagens de toda a área afetada. Um subconjunto dos drones usaria mapas de base para priorizar a infraestrutura essencial, como estradas e hospitais, voando e gerando dados atualizados da rede de trânsito, que podem ser carregados em tempo real para coordenar a entrega de ajuda.

O documento produzido pela Cruz Vermelha aponta os benefícios presentes no uso de drones e suas soluções associadas, como:

- Redução da exposição dos agentes de resposta a riscos desnecessários: Os drones podem funcionar em ambientes que trazem perigos a humanos. Por



exemplo, a agência de energia atômica japonesa testou drones para medir a radiação emitida pela usina de Fukushima, medição que se faz possível de alturas menores e sem trazer riscos a um piloto de aeronave tripulada. Drones também permitem a análise de construções ou estruturas danificadas, sem trazer riscos a trabalhadores responsáveis por estas tarefas;

- Aumento da efetividade dos agentes de resposta: Além de tirar destes agentes algumas das tarefas mais perigosas, é possível executar algumas tarefas não tão urgentes, mas ainda necessárias e trabalhosas, e deixar que os agentes se concentrem nas questões mais importantes. Um exemplo deste caso é o uso de drones para trazer visibilidade situacional a trabalhadores de ajuda humanitária após a passagem do furacão Katrina nos EUA, que liberou agentes de resposta para atuarem em outras tarefas urgentes;
- Visão única em baixas altitudes, inalcançável por aeronaves tripuladas: Um exemplo desta situação foi a utilização de pequenos multirotores para avaliar danos a uma catedral italiana, após um terremoto em 2012, avaliação que seria impossível de ser feita com aeronaves tripuladas.
- Portabilidade e poucos requisitos para colocá-los em ação: Drones, principalmente os modelos menores, podem ser lançados a partir de uma grande variedade de ambientes, e não necessitam de pistas ou grandes áreas de decolagem. Uma aplicação prática seria durante a tempestade Sandy, quando não foi possível se obter imagens de satélite por causa da presença das nuvens. Drones bem posicionados poderiam ser lançados em poucos minutos e voar por baixo das nuvens.
- Ótimo custo-benefício: Enquanto um drone robusto pode ser bem custoso, ainda mais se contar com câmera térmica (capaz de visualizar diferenças de temperatura), ainda é mais barato de comprar e operar que aeronaves tripuladas. Além disso, parcerias com empresas fornecedoras podem trazer reduções nos custos para os serviços de emergência.

Assim sendo, dentre as utilidades possíveis, no âmbito da emergência, pode-se listar: reconhecimento e mapeamento, análise de integridade estrutural, entrega temporária de mantimentos e partes de infraestrutura, detecção e extinção de fogo selvagem, resposta a incêndios em edifícios arranha-céus, eventos de natureza química, biológica, radiológica,

nuclear ou explosiva, operações de busca e salvamento, avaliações de risco e suporte logístico (CRUZ VERMELHA, 2015).

## 2.4 TRABALHOS RELACIONADOS

Foi feita uma pesquisa por trabalhos relacionados, que envolvessem primariamente o uso de drones em emergências, e o autor encontrou trabalhos (oito internacionais e um nacional) que tratam destes temas, e propõem soluções para situações de emergência.

Na tabela 1 a seguir, são listados cada trabalho, seu tipo, a autoria, a data de publicação, e as características presentes no texto. Na coluna de características do texto, que contém os temas de relevância para este trabalho, “X” representa a presença, e “NA” a ausência.

Tipo	Título	Autoria	Data	Características do texto		
				Aplicação de Drone/UAV	Atuação em Emergência/ Desastre	Colaboração para tomada de decisão / Software colaborativo
PAPER	Cavalry to the rescue: Drones fleet to help rescuers operations over disasters scenarios	Camara	novembro 2014	X	X	NA
ARTIGO	Collaborative Mapping of an Earthquake-Damaged Building via Ground and Aerial Robots	Michael et al.	setembro 2012	X	X	NA
ARTIGO	Drone-Assisted Disaster Management: Finding Victims via Infrared Camera and Lidar Sensor Fusion	Lee et al.	dezembro 2016	X	X	NA
PAPER	Fast Aerial Image Acquisition and Mosaicking for Emergency Response Operations by Collaborative UAVs	Quaritsch et al.	maio 2011	X	X	NA
ARTIGO	Low cost UAV for post-disaster assessment	Brendea et al.	janeiro 2008	X	X	NA
REPORT	The use of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) by the emergency services	O'Brien et al.	novembro 2016	X	X	NA
PAPER	Towards Drone-assisted large-scale Disaster Response and Recovery	Spranger et al.	maio 2016	X	X	NA
ARTIGO	UAV Deployment Exercise for Mapping Purposes: Evaluation of Emergency Response Applications	Boccardo et al.	julho 2015	X	X	NA
DISSERTAÇÃO	VANTS para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas	Longhitano	setembro 2010	X	X	NA

Tabela 1: Comparativo entre trabalhos relacionados.

Camara (2014) propõe uma arquitetura com uma frota de drones, buscando um mapeamento aéreo de um cenário de emergência com alto nível de autonomia, com drones auto-organizáveis, e fazendo transmissão de conteúdos relevantes para a base de operação, porém não apresenta a implementação de sua solução proposta.

Michael et al. (2012) apresentam uma solução envolvendo robôs terrestres e drones, buscando fazer mapeamento 3d da parte interna de um prédio, num cenário pós terremoto. O mapeamento ocorre de forma autônoma ou não, dependendo do aparelho utilizado. Nesta solução, porém, o foco se mostra apenas na captura de informações.

Lee et al. (2016) mostram uma arquitetura com uso de drones pilotados remotamente, com sensores acoplados, para uso em ambientes internos, com objetivo de visualizar o espaço durante um desastre em busca de vítimas e pontos de interesse. O foco do trabalho se mostra na captura e na apresentação das informações.

Quaritsch et al. (2011) apresentam um sistema com drones autônomos para captura de imagens e geração de um mapa da região da emergência desejada. O foco se mantém na captura de imagens e geração do mapa.

Brendea et al. (2008) focam na obtenção de imagens aéreas com drones de asa fixa, em suporte à ações humanitárias, na etapa de recuperação. O objetivo era a captura de imagens de forma autônoma de uma região impactada, para posterior processamento manual. O foco da solução se manteve na captura de imagens.

O'Brien et al. (2016) mostram os avanços no projeto piloto feito pela empresa DJI em parceria com agências de emergência, mostrando a utilidade de drones pilotados remotamente, em situações de emergência, incluindo o uso de câmeras termais. Não houve apresentação de uma ferramenta implementada.

Spranger et al. (2016) apresentam uma solução para reconstrução 3d de um cenário de desastre, com imagens capturadas por drones pilotados remotamente. Esta solução se mantém focada apenas na questão da captura e processamento das imagens.

Boccardo et al. (2015) buscam mostrar a utilidade do mapeamento no contexto da emergência, com drones semi-autônomos, apresentando soluções pré-existentes de captura e reconstrução 3d, e avaliando resultados. Não houve apresentação de uma ferramenta implementada.

E Longhitano (2010) apresenta e avalia a aplicação de drones pilotados remotamente para obtenção de imagens e posterior processamento, em um cenário de desastre ambiental. Não houve a apresentação de uma ferramenta desenvolvida.

Enquanto muitos dos trabalhos focaram na etapa de captura, e num posterior mapeamento, a solução que se busca apresentar neste trabalho quer alcançar desde a captura de imagens, passando por uma análise colaborativa por especialistas, possível por dentro da solução, até a disponibilização das mesmas para agentes de comando e de resposta, com fim de suportar decisões.

### 3 PROPOSTA

A proposta deste trabalho é apresentar uma ferramenta de apoio à tomada de decisão no contexto de emergências, que seja relevante pelo fornecimento de informações rápidas e confiáveis do cenário de emergência, com apoio de outros usuários. Neste capítulo será apresentada a solução proposta, assim como a ferramenta desenvolvida pelo autor, que busca atender o problema levantado anteriormente neste trabalho, e também serão mostradas algumas ferramentas existentes no mercado que podem atender parcialmente essas demandas.

#### 3.1 CONTEXTO

Numa situação de emergência, o tempo é precioso, e os tomadores de decisão precisam de informações sobre a ocorrência para direcionar esforços em campo e, se necessário, chamar especialistas, como equipes especialistas em incêndios, vazamentos de gás, vazamentos de água, vazamentos radioativos, equipes antibombas, cães farejadores, dentre outras especialidades.

Nesse contexto, numa ocorrência que permita visão aérea, como incêndios, desmoronamentos e inundações, ter imagens do ponto de vista aéreo traz muitas vantagens para o tomador de decisão.

Além disso, após obter imagens do ocorrido, sejam aéreas, sejam tiradas do nível da terra, é importante que haja uma análise, uma transformação do dado cru (imagem capturada), em informação tratada, como observações de especialistas, visão do local no mapa, comentários, trazendo assim material de apoio já pronto para o agente ou grupo decisor, tomador de decisão.

Pensando na tomada de decisão em situações de emergência, temos no mercado algumas soluções que podem trazer benefícios e utilidades para apoiar parte do processo de tomada de decisão. Existem ferramentas de captura, ferramentas de processamento de imagens (mapeamento 2D/3D por exemplo), e também ferramentas colaborativas que podem lidar com fotos, textos e arquivos. Dentre estas últimas, pode-se listar soluções como mensageiros instantâneos, aplicativos de e-mail e serviços de armazenamento de arquivos em nuvem (servidor remoto).

No entanto, o autor viu a necessidade de uma ferramenta que, após a etapa de captura, pudesse atender alguns requisitos:

- Disponibilidade do conteúdo na web;
- Conteúdo compartilhado;
- Exibição de imagens de forma organizada;
- Inserção de marcações gráficas nas imagens;
- Visualização e edição de comentários;
- Visibilidade de conteúdo em mapa;
- Funcionamento responsivo (*desktop e mobile*).

Além disso, se fez necessário pensar em como se daria a obtenção e disponibilização do conteúdo original na web.

O autor decidiu então prosseguir na montagem de uma solução, incluindo a criação de uma ferramenta que pudesse atender esses critérios mencionados. A solução será detalhada a seguir.

### 3.2 A SOLUÇÃO

A solução proposta envolve três aplicações: duas aplicações já existentes, que ficam responsáveis pela captura de imagens via drone, e disponibilização das mesmas na nuvem, respectivamente, e a aplicação principal que é o *website* desenvolvido pelo autor para visualização, edição e colaboração de conteúdo. Esta solução busca servir de apoio às etapas de prevenção e de resposta, dentro do ciclo de gerenciamento de emergência, porém pode também ter utilidade em suporte às demais etapas.

A ideia geral da solução é, dado um cenário de emergência:

- 1) Um agente capaz de pilotar um drone, estando em posse do mesmo, levanta voo em um local apropriado próximo à emergência;
- 2) O agente sobrevoa a região com auxílio de um aplicativo que transmite imagens da câmera do drone em tempo real;
- 3) Após encontrar cenas de interesse, o agente tira fotos com a câmera do drone, de forma remota;
- 4) O agente faz *download* das imagens de interesse para seu celular, através do aplicativo;
- 5) As imagens baixadas são reconhecidas por um segundo aplicativo presente no celular do piloto, e este aplicativo inicia processo de *upload* das imagens para uma

pasta na nuvem; esta configuração pode ter sido feita anteriormente pelo piloto, ou durante o voo;

- 6) As imagens são disponibilizadas em um serviço de armazenamento na nuvem;
- 7) Especialistas e agentes contribuintes acessam a página de uma terceira aplicação, disponível na internet;
- 8) Os usuários visualizam as imagens obtidas, suas localizações, utilizam as funcionalidades da aplicação para editar as imagens e comentar, de forma a agregar informações para apoiar a tomada de decisão;
- 9) Os usuários visualizam as modificações feitas por outros agentes contribuintes, e podem fazer novas considerações e edições no material;
- 10) Tomadores de decisão acessam a plataforma e consultam o conteúdo original e editado, para apoiar a tomada de decisão referente a ações subsequentes.

Na **Figura 4** é apresentada a visão geral da solução, e na **Figura 5** é mostrado o caminho comum feito por uma imagem na mesma.



Figura 4: Visão geral da solução.

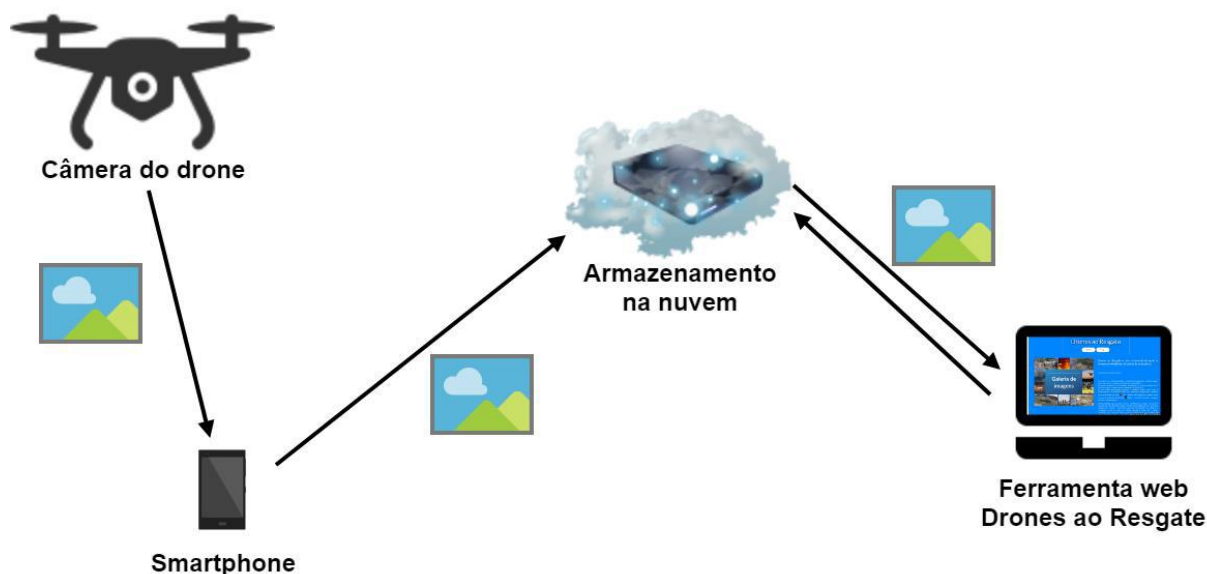


Figura 5: Caminho da imagem.

Na solução pensada, a fonte das imagens, que servem como elemento central na solução, é a câmera acoplada no drone. A ferramenta “Drones ao Resgate” desenvolvida pelo autor para visualização e interação colaborativa com o conteúdo dá total suporte a imagens que foram obtidas por outros meios, como câmeras de smartphones, câmeras fotográficas, imagens de satélite, desenhos, dentre outras, porém o autor decidiu focar apenas nas imagens obtidas por drone, que foi o *insight* (ideia) inicial do projeto.

A seguir, serão apresentadas em maior detalhe as aplicações presentes na solução.

### 3.2.1 DJI GO – Captura da imagem

A primeira aplicação, DJI GO, desenvolvida pela empresa DJI TECHNOLOGY CO., LTD<sup>17</sup>, foi escolhida para compor a solução pois é o aplicativo oficial da DJI, que também é fabricante do drone utilizado pelo autor. É gratuita para *download*. Essa aplicação tem a responsabilidade da captura dentro da solução proposta. Através deste aplicativo, disponível tanto para sistema Android<sup>18</sup> como para iOS<sup>19</sup>, é possível visualizar o *feed* (fonte) da câmera

<sup>17</sup> <<https://www.dji.com/br>>. Acesso em: 28 jun. 2019.

<sup>18</sup> <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ttxapps.drivesync&hl=en>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

<sup>19</sup> <<https://apps.apple.com/us/app/dji-go/id943780750>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

do drone em tempo real e tirar fotos. Neste aplicativo, dentre outras funções, é possível comandar o *download* da imagem presente no cartão de memória da câmera do drone, para a memória interna do smartphone.



Figura 6: Tela inicial do aplicativo DJI GO.

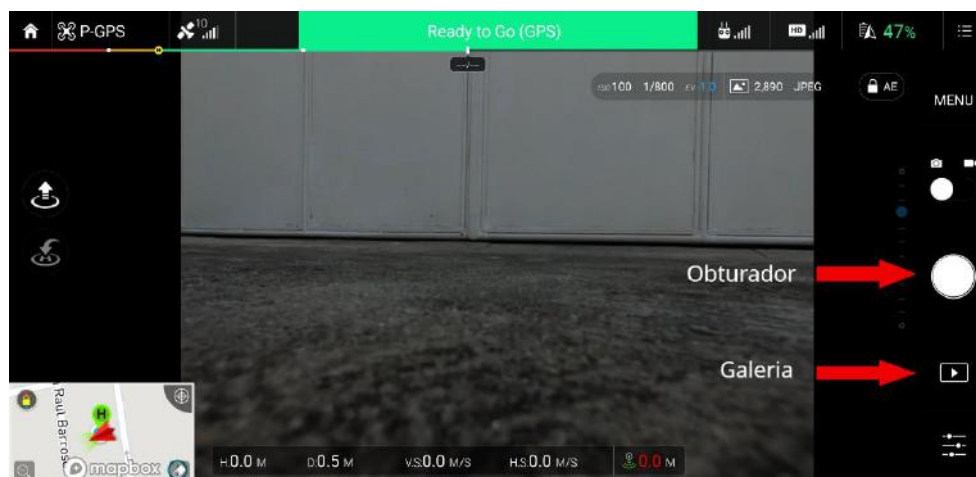


Figura 7: Tela principal do aplicativo DJI GO.

Para tirar uma foto, deve-se ligar o drone e seu controle, ter o celular ligado ao controle via cabo USB, e iniciar o aplicativo. A tela inicial então será mostrada, conforme a **Figura 6**. O piloto deve então clicar no botão “Câmera”, e a tela principal de voo será



exibida, conforme a **Figura 7**. Nesta tela, ao clicar no botão apontado na figura como “Obturador”, a foto é capturada e armazenada no cartão de memória presente na câmera do drone. O piloto então deve abrir a “Galeria”, onde ele poderá visualizar a foto.

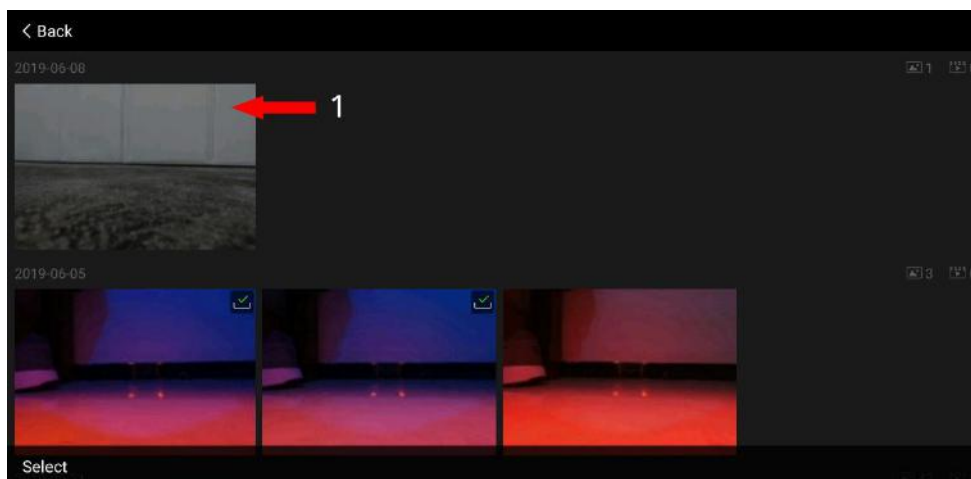


Figura 8: Tela da galeria do aplicativo DJI GO.

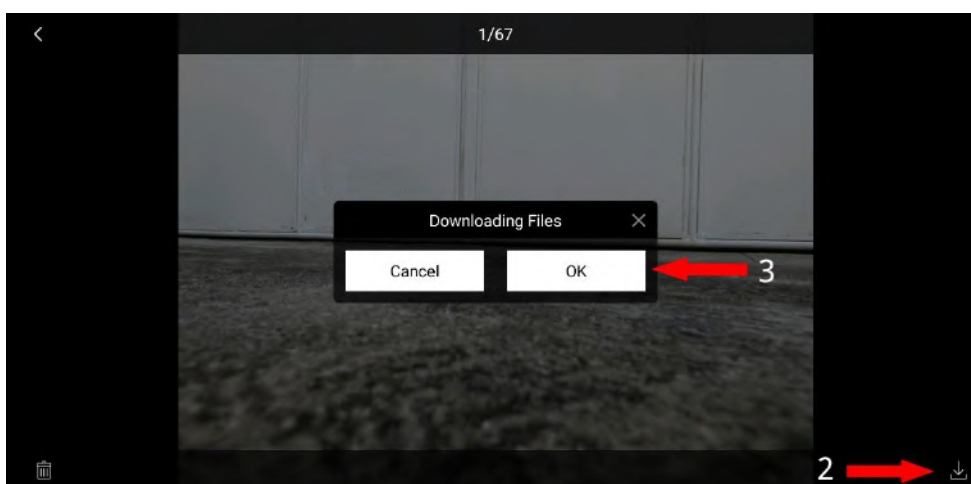


Figura 9: Tela da galeria do aplicativo DJI GO – parte de download.

Para fazer *download* de uma foto, estando na Galeria, o usuário deve clicar na imagem desejada, conforme apontado na seta 1 na **Figura 8**. Então o usuário deve clicar no botão de download apontado na seta 2 da **Figura 9**, e confirmar clicando em “OK” conforme a seta 3. Uma barra de progresso será exibida, e por fim a imagem estará armazenada na pasta padrão do aplicativo, dentro da memória interna do celular.

### 3.2.2 Autosync for Google Drive – Disponibilização da imagem na nuvem

A segunda aplicação, Autosync for Google Drive, desenvolvida pela empresa MetaCtrl<sup>20</sup>, foi escolhida para que as imagens obtidas por *download* no aplicativo DJI GO pudessem ser disponibilizadas automaticamente na nuvem. Este aplicativo está disponível para smartphones Android<sup>21</sup>, é gratuito para *download*, porém exibe propagandas dentro do aplicativo. Esse aplicativo permite, dentre outras possibilidades, uma configuração para que ele observe a pasta que foi previamente configurada e faça *upload* para uma pasta específica de uma conta no Google Drive<sup>22</sup> associada.

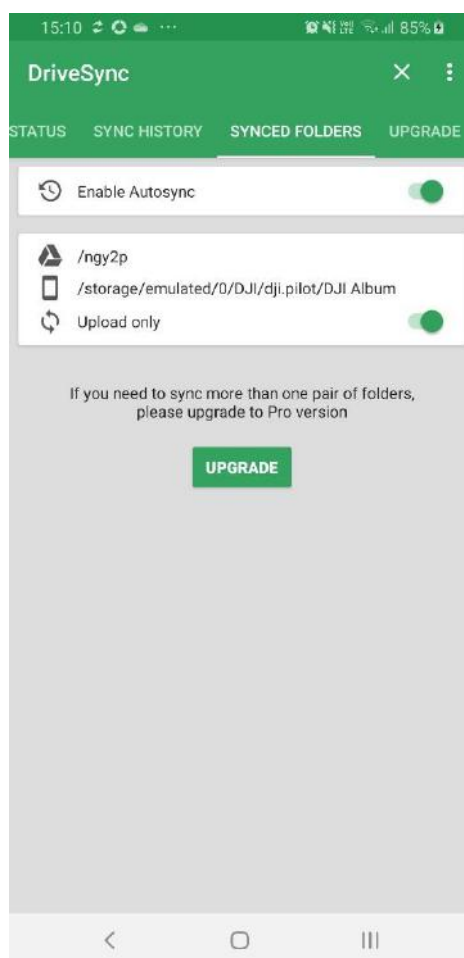


Figura 10: Tela de configuração do aplicativo Autosync.

<sup>20</sup> <<https://metactrl.com/>>. Acesso em 28 jun. 2019.

<sup>21</sup> <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ttxapps.drivesync&hl=en>>. Acesso em: 25 jun. 2019

<sup>22</sup> <<https://www.google.com/drive/>>. Acesso em 28 jun. 2019.

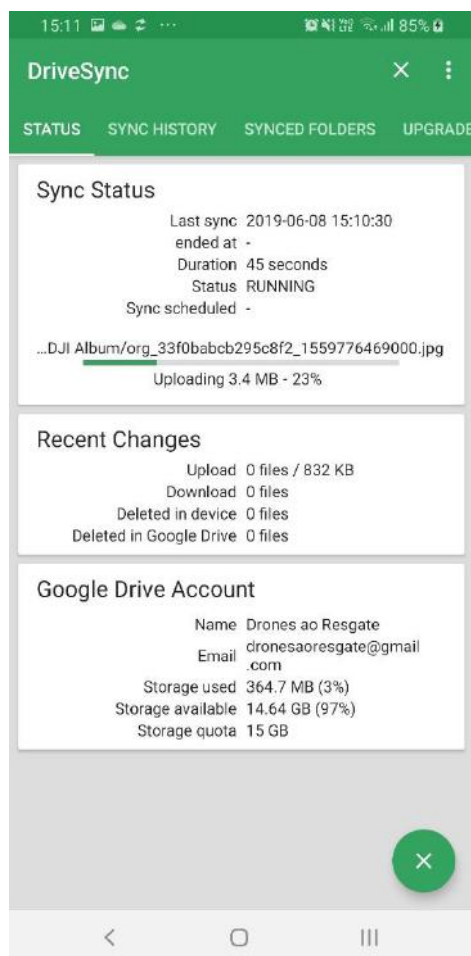


Figura 11: Tela de status do aplicativo Autosync.

Na **Figura 10**, pode ser vista a configuração feita para que o aplicativo observe a pasta da DJI, e após a presença de um novo arquivo na mesma, o aplicativo inicia o processo de *upload*, conforme pode ser observado na tela de status mostrada na **Figura 11**.

### 3.2.3 Drones ao Resgate – Visualização, edição e colaboração de conteúdo

A terceira aplicação denominada “Drones ao Resgate” é a mais importante, foi desenvolvida pelo autor, e tem por objetivo ser uma ferramenta para visualização das imagens obtidas pelo drone, permitir edição das imagens, permitir inserção de comentários, e ser colaborativa.

Dentre os critérios que a ferramenta busca atender, estão os que foram mencionados anteriormente, como disponibilidade na web, conteúdo compartilhado, exibição das imagens de forma organizada, edição das imagens, visualização e edição de comentários, visualização em mapa, e funcionamento responsivo.

Na **Figura 12**, podemos ver a tela inicial que possui o menu principal ao topo, um destaque para a Galeria de imagens à esquerda, e instruções de uso à direita.



Figura 12: Tela inicial do Drones ao Resgate.

Essa ferramenta web gira em torno de 3 componentes:

- Galeria de imagens;
- Editor de imagens e comentários;
- Mapa.

Na **Galeria de imagens**, que pode ser acessada pela imagem de destaque na tela inicial, e também pelo botão “Galeria” presente no menu superior, são exibidas as imagens previamente inseridas na pasta do Google Drive, assim como as imagens editadas e seus comentários, como é possível visualizar na **Figura 13**. As imagens são apresentadas de acordo com a última modificação, da mais recente para a mais antiga. Ao passar o mouse sobre uma imagem, estando na tela da galeria, é possível ver o nome da imagem, o comentário, e a última data de modificação. Ao clicar em uma imagem, a mesma é exibida em tela ampliada, e é exibido o comentário e a data da última modificação, conforme pode ser visto na **Figura 14**. Nesta tela é possível abrir a imagem para edição através do botão de edição marcado como item “1”, e abrir a localização da imagem no Google Maps<sup>23</sup> em uma

<sup>23</sup> <<https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em 28 jun. 2019.

nova aba através do botão da localização apontado como item “2”. Ainda é possível navegar para a imagem anterior e para a próxima.

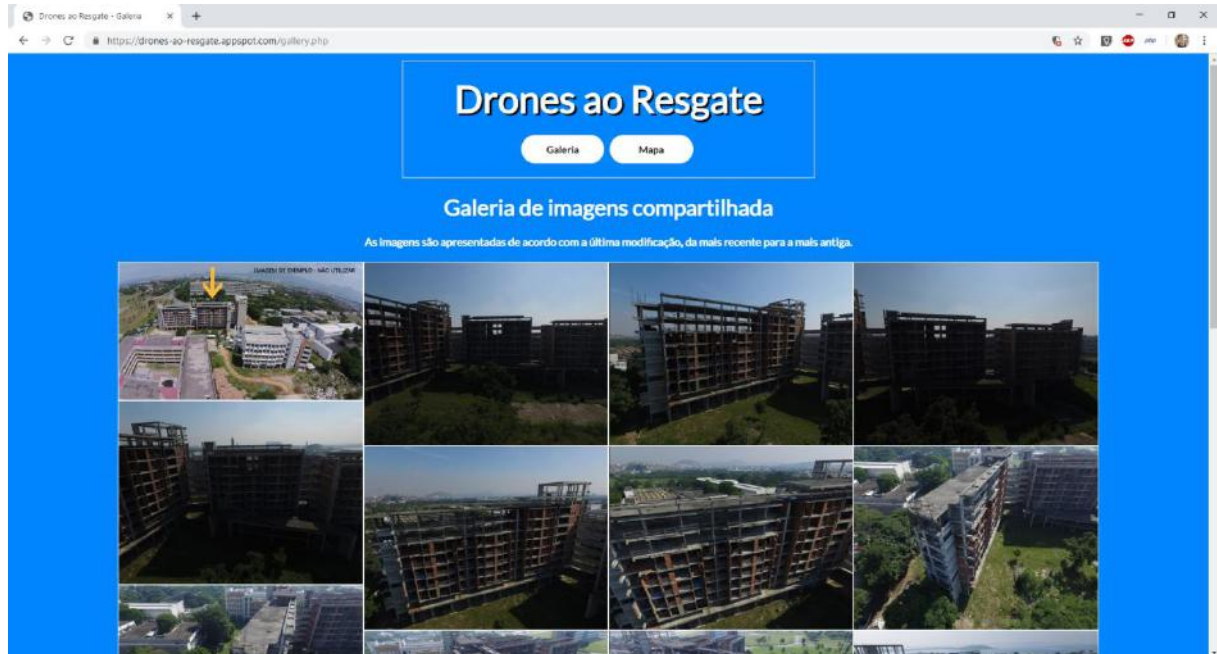


Figura 13: Tela da Galeria de imagens.



Figura 14: Tela de imagem aberta dentro da Galeria.

Ao se clicar no botão de localização, podemos visualizar o ponto em que a foto foi tirada conforme a **Figura 15**.



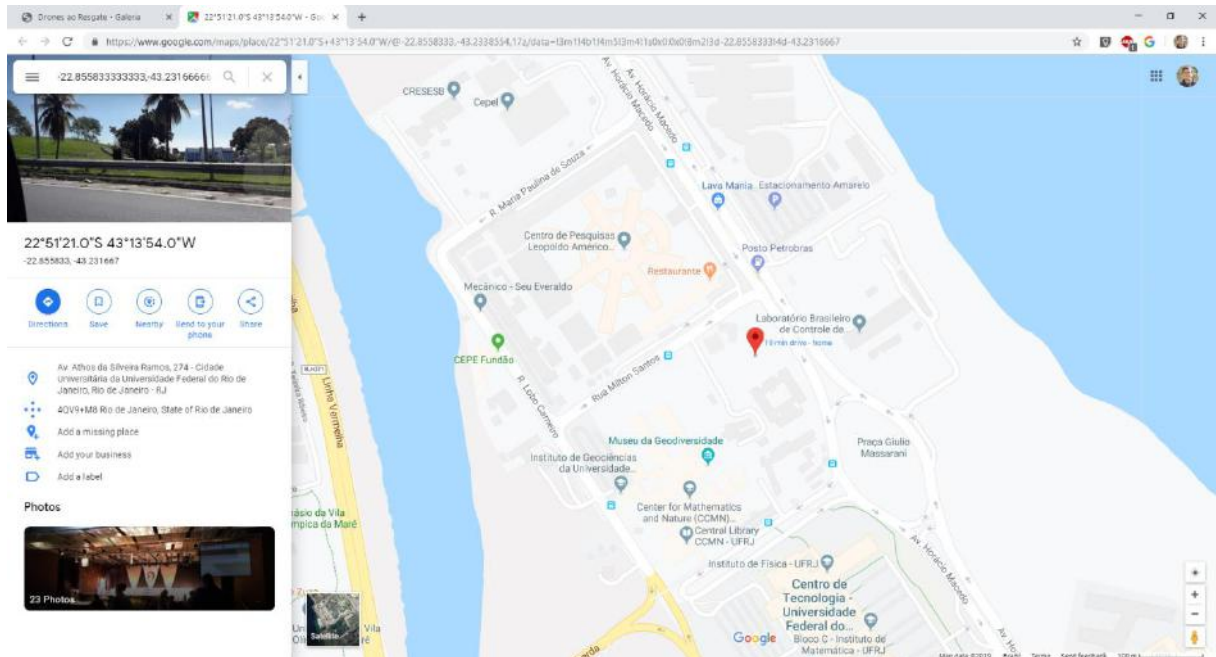


Figura 15: Tela da localização da foto aberta em mapa externo, através da Galeria.

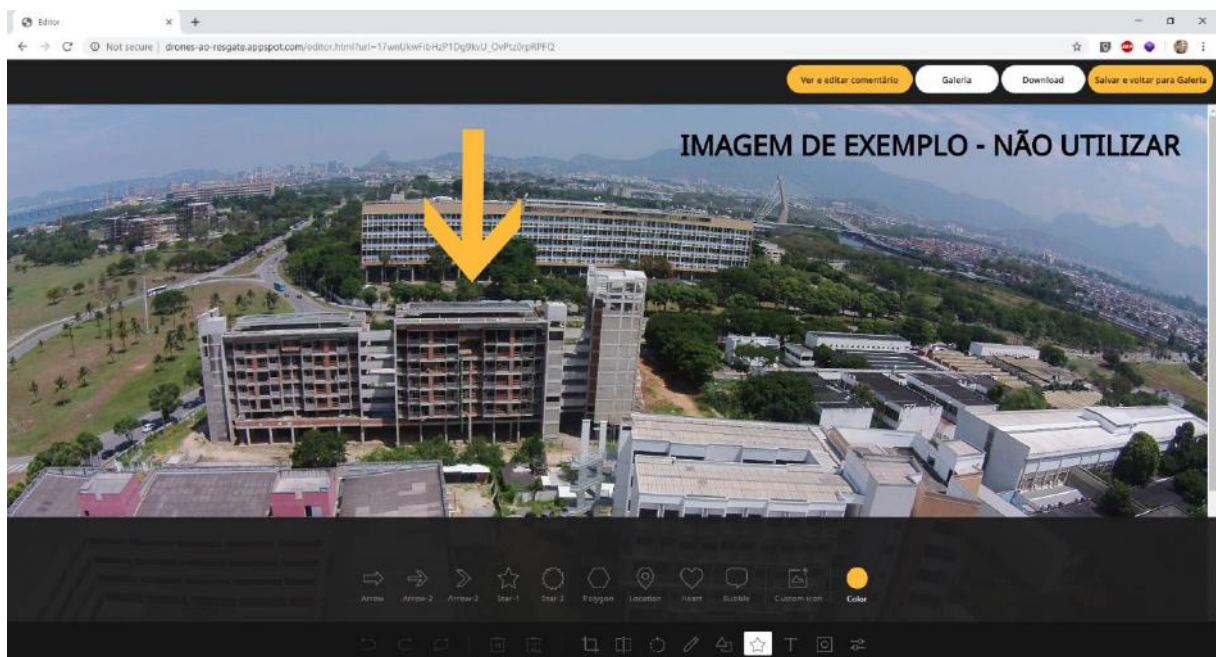


Figura 16: Tela do Editor de imagens.

No **Editor de imagens**, que pode ser visto na **Figura 16**, é possível fazer diversas modificações na imagem, como inserir marcadores, setas, desenhar, inserir um texto, alterar o brilho, etc. Ele é acessado somente pela Galeria, no botão de edição apontado na **Figura 14** pela seta "1". Na **Figura 17** é possível visualizar um exemplo de edição, onde uma linha azul foi desenhada sobre a imagem. Durante uma edição, todos os elementos inseridos são selecionáveis, editáveis e deletáveis. A imagem, ao ser carregada, é exibida de forma a

preencher a largura do dispositivo, porém é armazenada em seu tamanho original. Ao abrir uma imagem para edição, o comentário presente anteriormente na imagem é carregado, e pode ser visto e/ou editado através do botão "Ver e editar comentário". Se não há comentário anterior, o campo vem vazio, se há, ele vem preenchido, como pode ser visto na **Figura 18**. Há um botão "Download", que ao ser clicado, carrega a imagem junto das modificações feitas, e gera um arquivo de imagem a ser salvo na máquina local, no caminho que o usuário escolher. Ao clicar em "Salvar e voltar para Galeria", é feito o *upload* da imagem editada, associada ao comentário que foi escrito; uma tela de carregamento é exibida, como mostra a **Figura 19**; os elementos da tela são bloqueados para impedir interferências durante o processo de *upload*; a tela então é redirecionada rapidamente para um *script* (conjunto de instruções), e logo em seguida a Galeria é carregada.

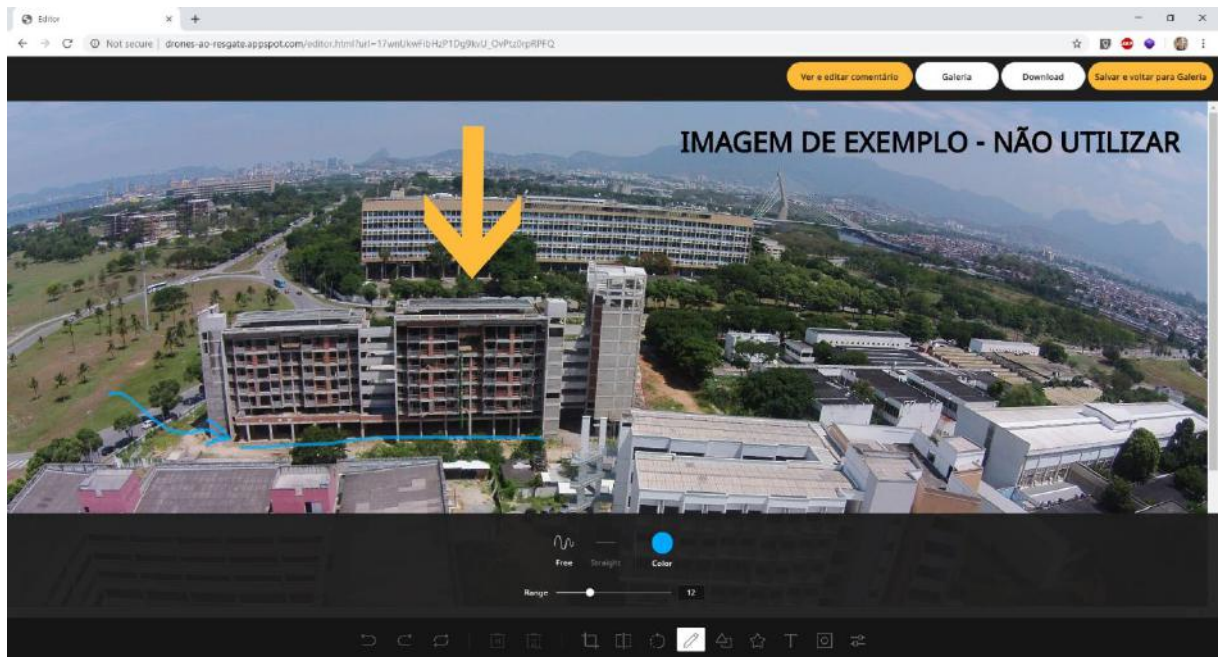


Figura 17: Exemplo de edição feita através do Editor de imagens.



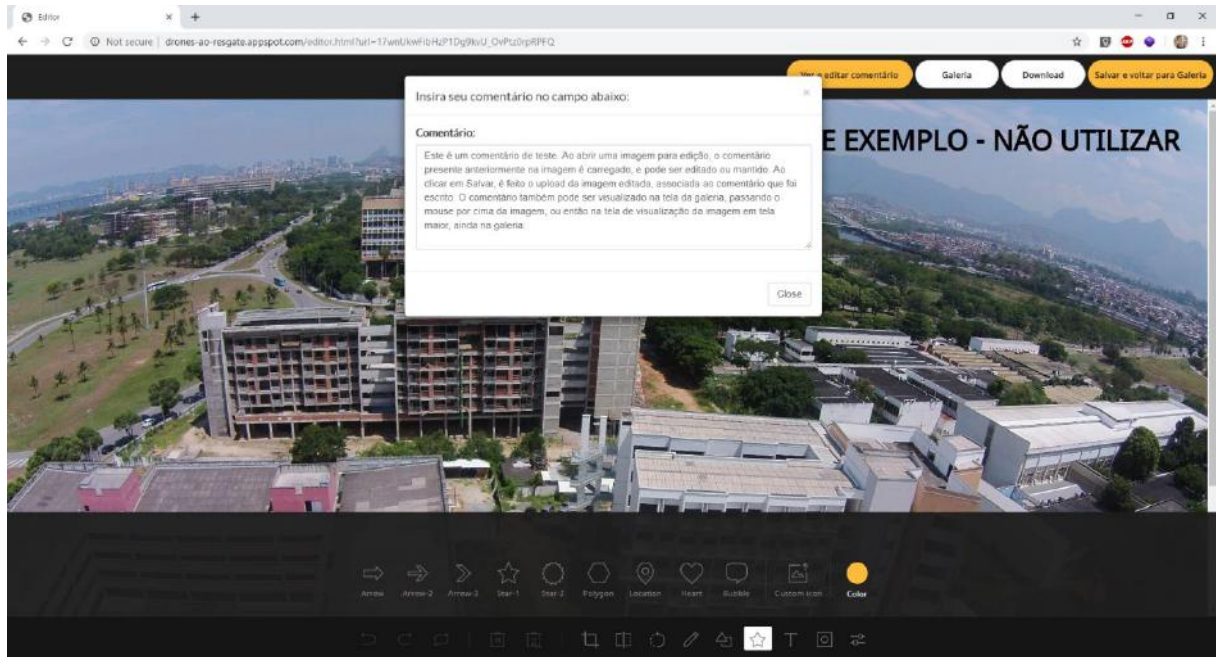


Figura 18: Tela do campo comentário dentro do Editor de imagens.

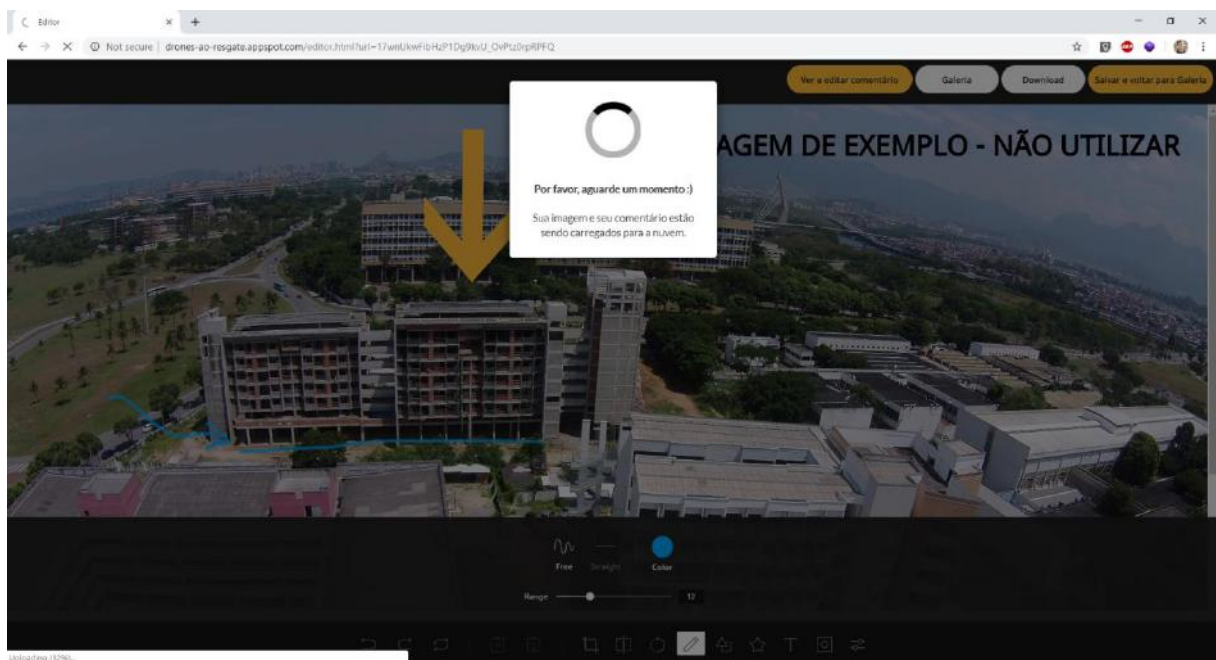


Figura 19: Tela de carregamento durante salvamento na nuvem.

No **Mapa**, que pode ser acessado pelo botão de mesmo nome no menu principal do site, tem-se uma visualização embutida do Google Maps, contendo um marcador para cada imagem presente na pasta associada do Google Drive (a mesma consultada pela Galeria), e este marcador é posicionado de acordo a localização em que a foto foi tirada, consultando-se os metadados do arquivo. A visão principal do mapa pode ser vista na **Figura 20**. O mapa tem opção de visualização por imagens de satélite, que podem ser muito úteis dependendo da



situação, e também permite visualização da região desejada por *Street View* (visão do local a partir da rua), inclusive mantendo os marcadores visíveis a nível da rua, como mostra a **Figura 21**. Voltando à visão de mapa, ao clicar em um marcador, se vê uma miniatura da imagem, a data da última modificação e o comentário, se presente. Ao se clicar na miniatura, abre-se em uma nova aba a imagem na galeria. A **Figura 22** mostra estes detalhes do marcador.



Figura 20: Tela do Mapa com marcadores representando as imagens, por sua localização.



Figura 21: Tela do Mapa em visão *Street View*, com marcadores visíveis do nível da rua.



Figura 22: Tela do Mapa com marcador selecionado, apresentando informações sobre a imagem.

Conforme mencionado anteriormente, a ferramenta foi adaptada e testada para que pudesse funcionar de forma adequada em aparelhos móveis, com a utilização de elementos responsivos no design de todo o site. Na **Figura 23** tem-se a visão da tela inicial em um smartphone; na **Figura 24** é mostrada a visão do Mapa; na **Figura 25** é mostrada a Galeria (que é melhor visualizada com o dispositivo na horizontal, juntamente do Editor), e caso o dispositivo esteja posicionado na vertical, uma mensagem é exibida nas instruções do usuário no topo da página, orientando o posicionamento de forma horizontal. Quando o usuário atende o solicitado, a mensagem é configurada para desaparecer. Na **Figura 26** é mostrado o Editor, que pode ter uso dificultado em aparelhos móveis devido à grande quantidade de elementos que precisam ser dispostos na tela, que acabam por diminuir a área útil de visualização da imagem, mas não impedem que o usuário faça a edição.



Figura 23: Tela inicial da página Drones ao Resgate aberta em smartphone.



Figura 24: Tela do Mapa de imagens aberto em smartphone.



Figura 25: Tela da Galeria de imagens aberta em smartphone.



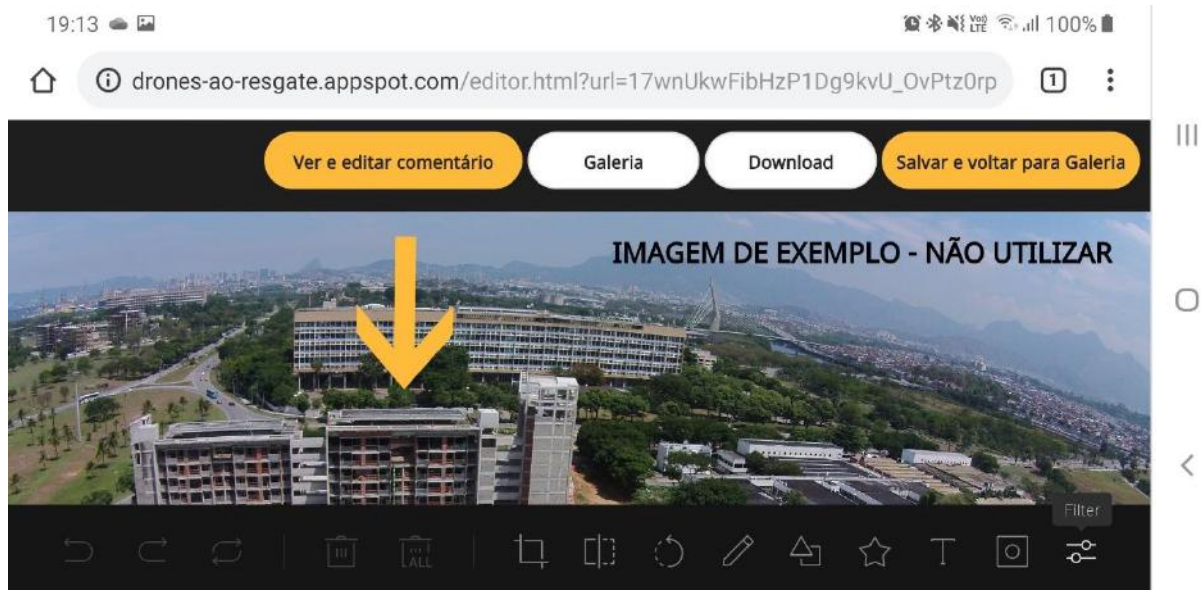


Figura 26: Tela do Editor de imagens aberto em smartphone.

No capítulo posterior, nomeado Implementação, todas as funcionalidades recém mencionadas da ferramenta “Drones ao Resgate” serão explicadas de forma mais técnica.

### 3.2.4 Equipamento

Compondo esta solução, temos como equipamentos de hardware necessários:

- Drone;
- Smartphone do piloto com acesso à internet;
- Dispositivo com acesso à internet e navegador (smartphone, tablet, notebook, desktop, etc).



Figura 27: DJI Phantom 3 Advanced e Samsung Galaxy S8, utilizados na solução.

O drone utilizado nesta solução foi o DJI Phantom 3 Advanced<sup>24</sup>, que pode ser visto na **Figura 27**. É um modelo multirrotor do tipo quadricóptero (impulsionado por 4 rotores) vendido comercialmente, de fácil pilotagem, que possui, dentre outras características: posicionamento e estabilização por *GPS* (Sistema de Posicionamento Global) e *GLONASS* (Sistema de Navegação Global por Satélite); um sistema de apoio ao posicionamento por visão chamado *Downward Vision System*; diversos tipos de sensores; bateria com aproximadamente 23 minutos de autonomia; *Gimbal* de 3 eixos que mantém a câmera nivelada em quaisquer condições de voo; capaz de obter imagens de até 4000×3000 de resolução; suporta cartão de memória de até 64GB; capaz de transmitir imagens 720p em tempo real para o aplicativo DJI GO (comunicação que é feita entre o drone e o controle, e transmitida para o celular via cabo USB conectado ao controle); alcance do controle de até 5km (já sem visão de *feed* da câmera, que tem sinal com alcance menor); função de retorno ao ponto de partida em caso de perda de sinal do controle, ou a comando do piloto; limitação automática de altura e de decolagem em áreas restritas, como aeroportos e locais com espaço aéreo restrito e configurados pela fabricante DJI.

É um modelo que se encaixa como RPA de Classe 3 na Regulamentação da ANAC (2017), e tem sua operação de voo mais facilitada que outras categorias, dispensando licenças

---

<sup>24</sup> <<https://www.dji.com/br/phantom-3-adv/info>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

ao se respeitar os limites de operação impostos pela legislação vigente no Brasil, sendo necessário apenas o registro da aeronave.

O smartphone do piloto utilizado nos testes finais foi um Samsung Galaxy S8 com sistema Android 9.0.0, apesar de outros aparelhos terem sido utilizados durante o desenvolvimento da solução. Para utilização do aplicativo DJI GO, é necessário que o aparelho tenha sistema Android 4.1.2 ou superior, ou sistema iOS 8.0 ou superior.

Para visualização da ferramenta web, foram utilizados diversos dispositivos como notebook com sistema Windows 10 64 bits, notebook com sistema Ubuntu 16.04 64 bits, Samsung Galaxy S8, e, como navegadores, foram usados Chrome e Firefox em suas versões mais recentes (75.0.3770 e 67.0.1, respectivamente).

### 3.3 DIAGRAMAS E CASOS DE USO

Para melhor entendimento e visualização da solução proposta, alguns diagramas UML (*Unified Modeling Language*) serão mostrados a seguir, junto das definições de casos de uso.

UML é uma linguagem para visualização, especificação, construção e documentação de artefatos de um software em desenvolvimento, e permite modelar elementos, relacionamentos, mecanismos de extensibilidade e diagramas<sup>25</sup>.

Esta linguagem busca trazer meios para apoiar o levantamento de requisitos que irão constituir um sistema, além de proporcionar recursos para modelagem de estruturas que farão parte do mesmo<sup>26</sup>.

Um caso de uso, segundo o Devmedia<sup>27</sup>, é “uma seqüência de interações entre o ator (alguém ou algo que interage com o sistema) e o sistema, que acontece de forma atômica, na perspectiva do ator.”

Conforme Pontuschka<sup>28</sup>, “diagramas de casos de uso representam o escopo de sistemas ou partes deste escopo identificando metas ou necessidades dos seus atores”. Segundo ele, os

---

<sup>25</sup> <<http://www.dsc.ufcg.edu.br/~jacques/cursos/map/html/uml/uml.htm>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

<sup>26</sup> <<https://www.devmedia.com.br/modelagem-de-sistemas-atraves-de-uml-uma-visao-geral/27913>>. Acesso em: 01 jul. 2019.

<sup>27</sup> <<https://www.devmedia.com.br/desenvolvimento-de-software-dirigido-por-caso-de-uso/9148>>. Acesso em: 01 jul. 2019.

<sup>28</sup> Pontuschka, Maurício Nacib. Modelagem de Software Orientado a Objetos. Disponível em: <[www.pucsp.br/~tuska/2012/MSOO/antigas/Aula06.ppt](http://www.pucsp.br/~tuska/2012/MSOO/antigas/Aula06.ppt)>. Acesso em: 01 jul. 2019.

diagramas de atividades “podem ser utilizados para representar a lógica da sequência de passos para se resolver uma determinada interação existente no sistema”. E completa falando sobre o diagrama de interação (que pode ser um diagrama de sequência), afirmando que “representa funcionalidades internas de possíveis interações no sistema em termos de trocas de mensagens entre os objetos da aplicação de forma a dar conta de uma interação do sistema”.

Neste capítulo, serão utilizados diagramas de: Casos de Uso, Atividades, e Sequência, e serão definidos os principais casos de uso.

### **3.3.1 Diagrama de Casos de Uso**

No diagrama representado na **Figura 28**, são mostrados os casos de uso presentes em cada uma das aplicações da solução, assim como os atores envolvidos, a saber, o Piloto, o Drone e o Usuário.



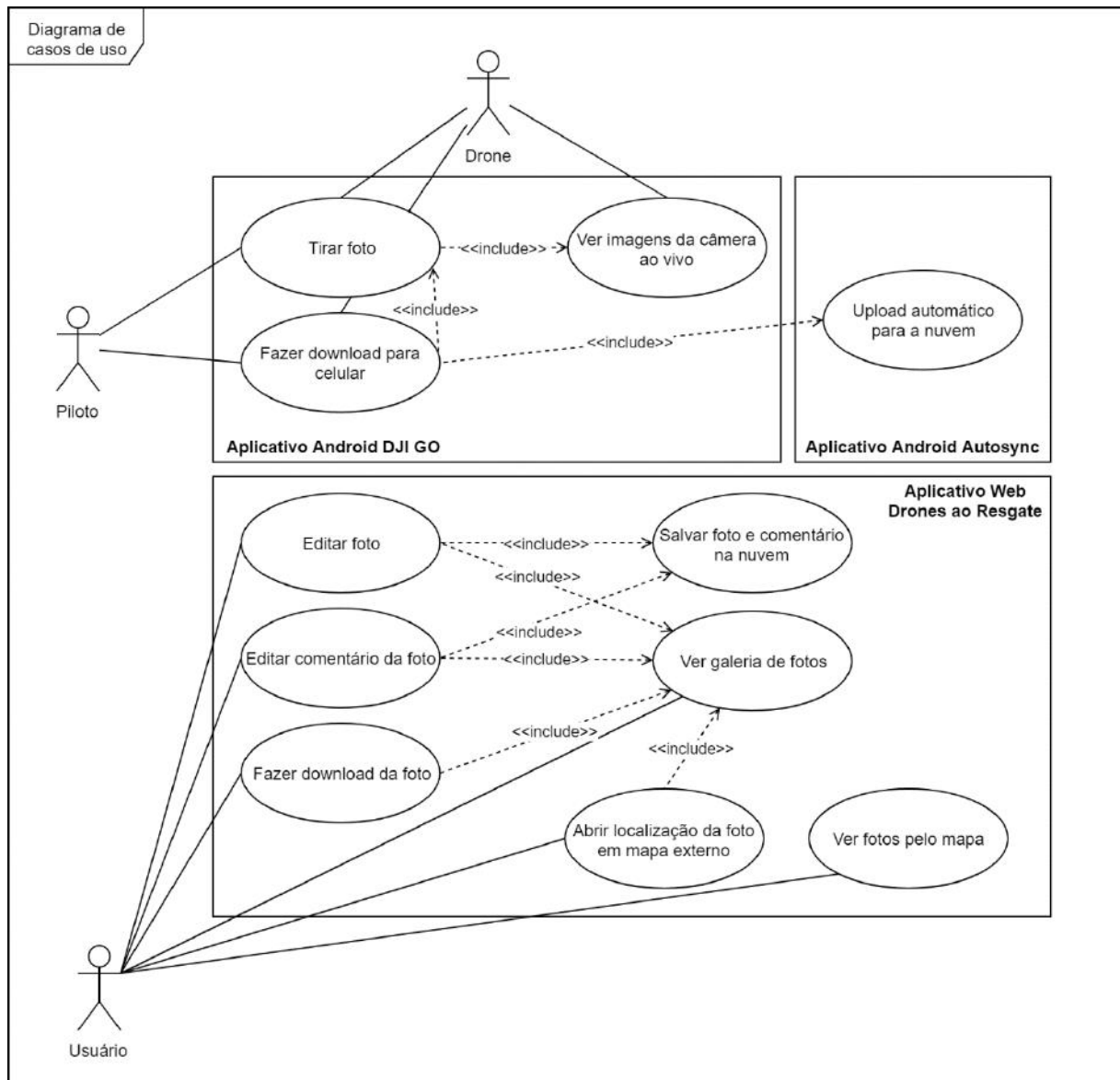


Figura 28: Casos de uso da solução.

### 3.3.2 Descrição dos casos de uso da solução

A seguir será detalhado cada um dos casos de uso apresentados anteriormente.

#### 3.3.2.1 Caso de uso Ver imagens da câmera ao vivo

Descrição Geral: Este caso de uso detalha o processo para ver imagens da câmera do drone ao vivo, através de um smartphone Android.

Atores: Usuário piloto do drone, Drone.

**Início:** Este caso de uso inicia quando o usuário abre o aplicativo DJI GO no dispositivo móvel, conectado ao controle do drone via cabo USB, estando também o controle e o drone ligados.

**Fluxo Típico:**

**Ação:**

1. O aplicativo irá apresentar a tela inicial;
2. O usuário irá clicar no botão “Camera”;
3. O drone irá transmitir imagens de sua câmera para o aplicativo;
4. O aplicativo irá exibir a tela principal de voo com imagens em tempo real recebidas do drone;
5. Fim do caso de uso.

### **3.3.2.2 Caso de uso Tirar foto**

**Descrição Geral:** Este caso de uso detalha o processo para tirar uma foto com a câmera do drone, através de um smartphone Android.

**Atores:** Usuário piloto do drone, Drone.

**Início:** Este caso de uso inicia quando o usuário está com o aplicativo DJI GO aberto, e já executou o Caso de uso Ver imagens da câmera ao vivo.

**Fluxo Típico:**

**Ação:**

1. O usuário irá acionar o botão virtual ou físico no controle, para tirar a foto;
2. O drone fará a captura da imagem e salvará a mesma no cartão de memória de sua câmera;
3. Fim do caso de uso.

### **3.3.2.3 Caso de uso Fazer download para celular**

**Descrição Geral:** Este caso de uso detalha o processo para obter uma foto tirada com o drone, transferindo a mesma para seu aparelho Android.

**Atores:** Usuário piloto do drone, Drone.

**Início:** Este caso de uso inicia quando o usuário está com o aplicativo DJI GO aberto, e já executou o Caso de uso Tirar foto.

Fluxo Típico:

Ação:

1. O usuário irá acionar o botão virtual ou físico no controle, para abrir a Galeria de imagens;
2. O drone irá transmitir as imagens armazenadas no cartão de memória de sua câmera para o aplicativo;
3. O aplicativo irá exibir as imagens transmitidas pelo drone;
4. O usuário irá clicar na miniatura da imagem que deseja baixar;
5. O aplicativo irá exibir a imagem de forma ampliada;
6. O usuário irá clicar sobre o botão com o ícone de Download;
7. O sistema irá apresentar um *popup* de confirmação;
8. O usuário irá clicar sobre o botão “OK”;
9. O aplicativo irá apresentar uma barra de carregamento que será atualizada com o andamento do download;
10. O drone fará a transmissão da imagem solicitada para o aplicativo;
11. O aplicativo irá salvar a imagem na memória interna do smartphone utilizado, e a barra de carregamento irá desaparecer, juntamente com o botão de Download;
12. Fim do caso de uso.

### 3.3.2.4 Caso de uso Upload automático para a nuvem

Descrição Geral: Este caso de uso detalha o processo para disponibilizar na nuvem (Google Drive) uma imagem do drone armazenada no smartphone Android.

Atores: Usuário piloto do drone.

Início: Este caso de uso inicia quando o usuário termina de executar o Caso de uso Fazer download para celular, possui conexão ativa com a internet, e já possui o aplicativo Autosync instalado e configurado para fazer upload automático para o Google Drive de novas imagens presentes na pasta da DJI.

Fluxo Típico:

Ação:

1. O aplicativo detecta um novo arquivo presente na pasta da DJI, dentro da memória interna do smartphone;
2. O aplicativo inicia processo de upload para a pasta do Google Drive previamente configurada;

3. O aplicativo finaliza o envio e o arquivo é disponibilizado na nuvem;
4. Fim do caso de uso.

### **3.3.2.5 Caso de uso Ver galeria de fotos**

Descrição Geral: Este caso de uso detalha como se dá a visualização de imagens na galeria da aplicação web Drones ao Resgate desenvolvida pelo autor.

Atores: Usuário.

Início: Este caso de uso inicia quando o usuário está na página inicial da aplicação web, possui conexão ativa com a internet, e há imagens presentes na pasta do Google Drive do projeto.

Fluxo Típico:

Ação:

1. O usuário clica no botão ou na imagem apresentado como “Galeria”;
2. A aplicação carrega, a partir do Google Drive, todas as imagens presentes na pasta configurada para a aplicação, e apresenta para o usuário de forma organizada, primeiro as com data de modificação mais recente, até as mais antigas;
3. O usuário clica sobre uma imagem;
4. A aplicação carrega e apresenta a imagem em maior tamanho, e exibe também o nome, a data de modificação, e o comentário, se presente;
5. Fim do caso de uso.

Fluxo Alternativo:

Alternativa 1: O usuário quando acessa via navegador web, pode visualizar informações apenas passando o mouse por cima de cada imagem.

Ação:

3. O usuário passa o mouse por cima de uma imagem desejada;
4. A aplicação exibe o nome, a data de modificação, e o comentário, se presente;
5. Fim do caso de uso.

### **3.3.2.6 Caso de uso Editar foto**

Descrição Geral: Este caso de uso detalha como se dá a edição de uma foto através aplicação web Drones ao Resgate desenvolvida pelo autor.

Atores: Usuário.

Início: Este caso de uso inicia quando o usuário já executou o Caso de uso Ver galeria de fotos.

Fluxo Típico:

Ação:

1. O usuário clica sobre o ícone de edição, dentro da visualização da imagem previamente selecionada;
2. A aplicação carrega a página contendo o editor de imagens e comentários, e pré-carrega a imagem no editor;
3. O usuário faz as edições desejadas na imagem com as ferramentas providas no editor, como inserção de setas, marcadores, desenhos, ajustes de brilho, dentre outros;
4. A aplicação exibe para o usuário a imagem com as edições feitas por cima, e a imagem se mantém salva internamente;
5. Fim do caso de uso.

### **3.3.2.7 Caso de uso Editar comentário da foto**

Descrição Geral: Este caso de uso detalha como se dá a edição de um comentário da foto através da aplicação web Drones ao Resgate desenvolvida pelo autor.

Atores: Usuário.

Início: Este caso de uso inicia quando o usuário já executou o Caso de uso Ver galeria de fotos.

Fluxo Típico:

Ação:

1. O usuário clica sobre o ícone de edição, dentro da visualização da imagem previamente selecionada;
2. A aplicação carrega a página contendo o editor de imagens e comentários, e pré-carrega a imagem no editor;
3. O usuário clica no botão “Ver e editar comentário”;
4. A aplicação exibe um pop-up contendo o campo de Comentário, que pode vir inicialmente preenchido ou vazio, de acordo com a presença ou não de comentário na imagem que foi aberta para edição;
5. O usuário insere o comentário desejado dentro do campo e clica no botão “Close” ou no “x”;

6. Fim do caso de uso.

### 3.3.2.8 Caso de uso Fazer download da foto

Descrição Geral: Este caso de uso detalha como se dá o download de uma imagem (editada ou não) através da aplicação web Drones ao Resgate desenvolvida pelo autor.

Atores: Usuário.

Início: Este caso de uso inicia quando o usuário já executou o Caso de uso Ver galeria de fotos.

Fluxo Típico:

Ação:

1. O usuário clica sobre o ícone de edição, dentro da visualização da imagem previamente selecionada;
2. A aplicação carrega a página contendo o editor de imagens e comentários, e pré-carrega a imagem no editor;
3. O usuário clica no botão “Download”;
4. A aplicação apresenta uma tela de sistema solicitando que o usuário escolha o nome e o caminho de destino da imagem;
5. O usuário escolhe o nome e o caminho de destino da imagem, e clica em “Salvar”;
6. A aplicação salva a imagem com o nome escolhido pelo usuário, no caminho desejado;
7. Fim do caso de uso.

Fluxo Alternativo:

Alternativa 1: O usuário cancela download no momento da escolha do nome e do local de destino do arquivo.

Ação:

5. O usuário clica no botão “Cancelar”;
6. A aplicação não salva o arquivo na máquina do usuário;
7. Fim do caso de uso.

### **3.3.2.9 Caso de uso Salvar foto e comentário na nuvem**

Descrição Geral: Este caso de uso detalha como se dá o salvamento na nuvem (Google Drive) de uma imagem (editada ou não) e seu comentário, através da aplicação web Drones ao Resgate desenvolvida pelo autor.

Atores: Usuário.

Início: Este caso de uso inicia quando o usuário já executou o Caso de uso Editar foto, ou o Caso de uso Editar comentário da foto, ou ambos.

Fluxo Típico:

Ação:

1. O usuário clica no botão “Salvar e voltar para Galeria”;
2. A aplicação bloqueia novas ações e apresenta para o usuário a mensagem “Por favor, aguarde um momento :)”;
3. A aplicação carrega a imagem editada e o comentário para um script, que irá fazer o upload da imagem, de alguns metadados, e do comentário para a pasta do Google Drive configurada na aplicação;
4. A aplicação, ao final do carregamento, reposiciona o navegador para a página da Galeria, já contendo a imagem e seu comentário recém inseridos;
5. Fim do caso de uso.

### **3.3.2.10 Caso de uso Abrir localização da foto em mapa externo**

Descrição Geral: Este caso de uso detalha como se dá a abertura das coordenadas da imagem no Google Maps, a partir da galeria de imagens, através da aplicação web Drones ao Resgate desenvolvida pelo autor.

Atores: Usuário.

Início: Este caso de uso inicia quando o usuário já executou o Caso de uso Ver galeria de fotos.

Fluxo Típico:

Ação:

1. O usuário clica no ícone marcador de localização;

2. A aplicação abre em uma nova aba do navegador o site do Google Maps, tendo as coordenadas da imagem como parâmetros de localização, que foram extraídas anteriormente;
3. Fim do caso de uso.

### **3.3.2.11 Caso de uso Ver fotos pelo mapa**

Descrição Geral: Este caso de uso detalha como se dá a visualização de imagens na galeria da aplicação web Drones ao Resgate desenvolvida pelo autor.

Atores: Usuário.

Início: Este caso de uso inicia quando o usuário está na página inicial da aplicação web, possui conexão ativa com a internet, e há imagens presentes na pasta do Google Drive do projeto.

Fluxo Típico:

Ação:

1. O usuário clica no botão “Mapa”;
2. A aplicação consulta as imagens presentes na pasta do Google Drive e obtém nome, miniatura, data de modificação e comentário de cada imagem;
3. A aplicação exibe um mapa do Google Maps embutido, e exibe um marcador para cada imagem consultada. A localização de cada marcador é a localização em que a imagem foi clicada;
4. O usuário clica sobre um marcador;
5. A aplicação apresenta um balão com a miniatura da imagem selecionada, seu nome, data de modificação e comentário;
6. O usuário clica sobre a miniatura da imagem;
7. A aplicação reposiciona para a página da galeria com a imagem ampliada;
8. Fim do caso de uso.

### **3.3.3 Diagrama de Atividades do Editor: Editar imagem, comentário, download e salvar**

É possível visualizar através da **Figura 29**, um caminho mostrando as atividades passíveis de serem executadas através do módulo Editor.



Diagrama de atividades do Editor: Editar imagem, comentário, download e salvar

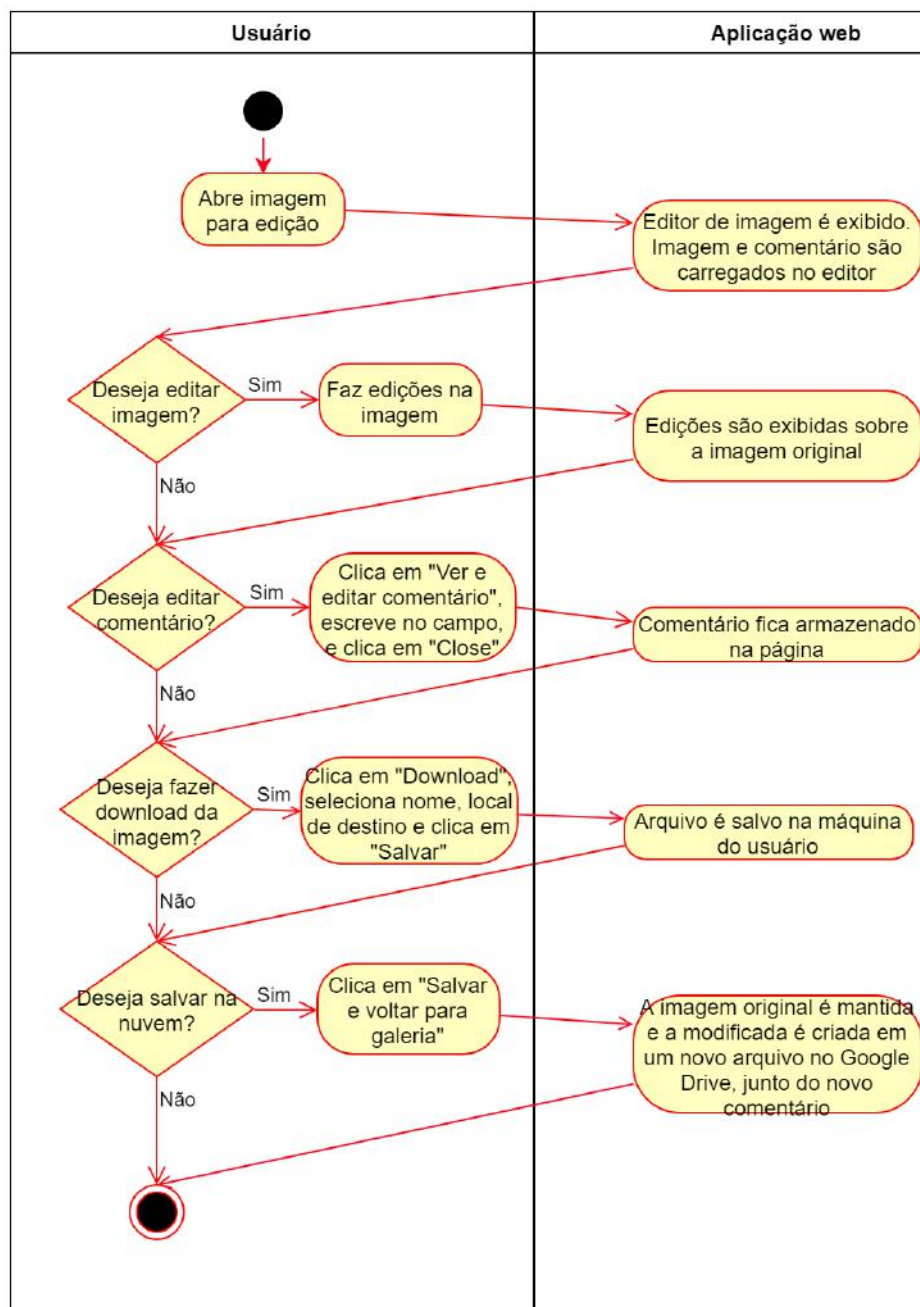


Figura 29: Diagrama de atividades do Editor.

### 3.3.4 Diagrama de Atividades da Galeria: Visualização, abertura de localização, abertura Editor

Na **Figura 30**, são mostrados os possíveis passos de uso do módulo da Galeria, indo desde sua abertura até o encaminhamento ao Editor.

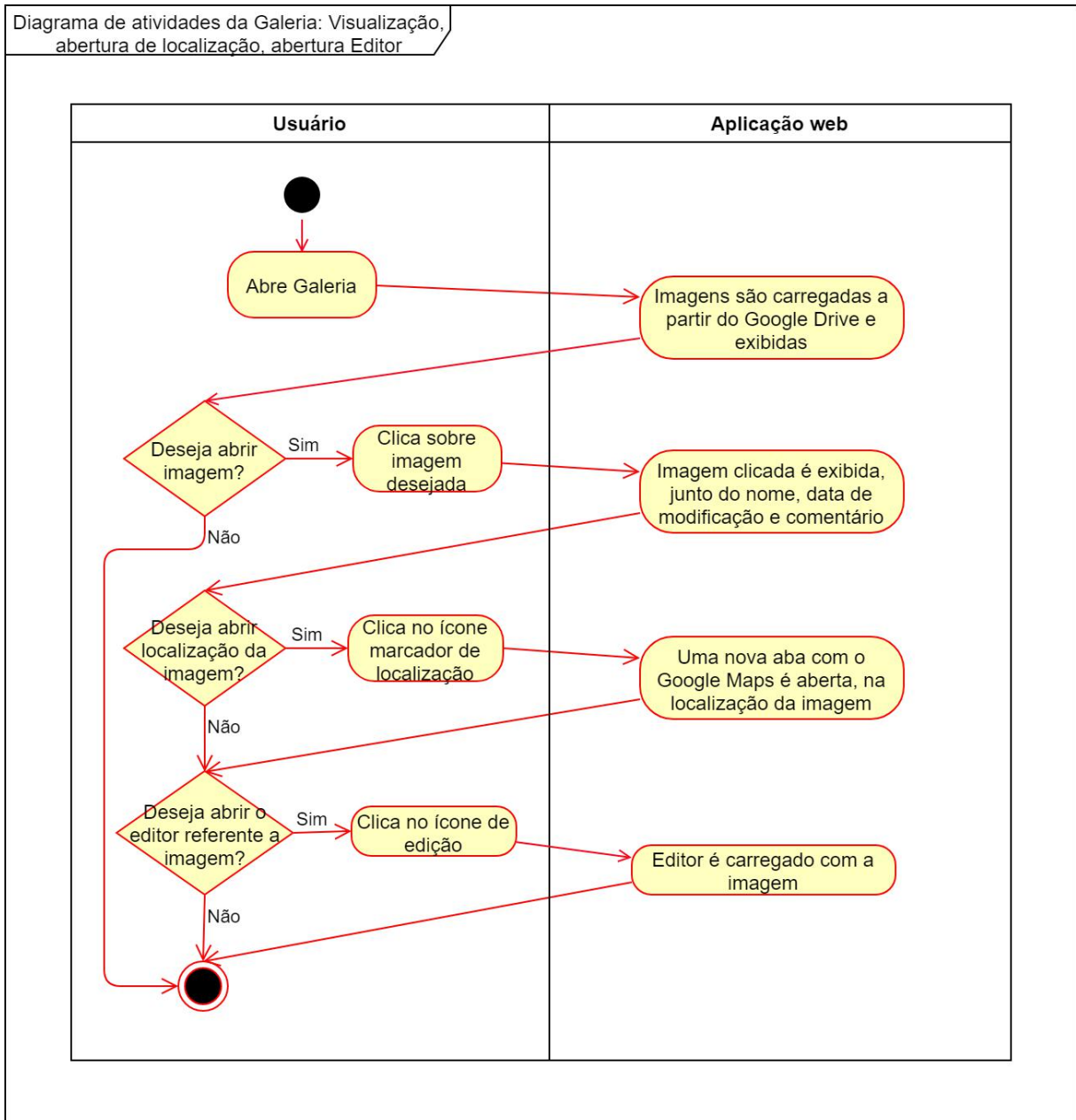


Figura 30: Diagrama de atividades da Galeria.

### 3.3.5 Diagrama de Atividades do Mapa: Visualização, abertura Galeria

Com a **Figura 31**, é possível visualizar as atividades existentes dentro do módulo Mapa.

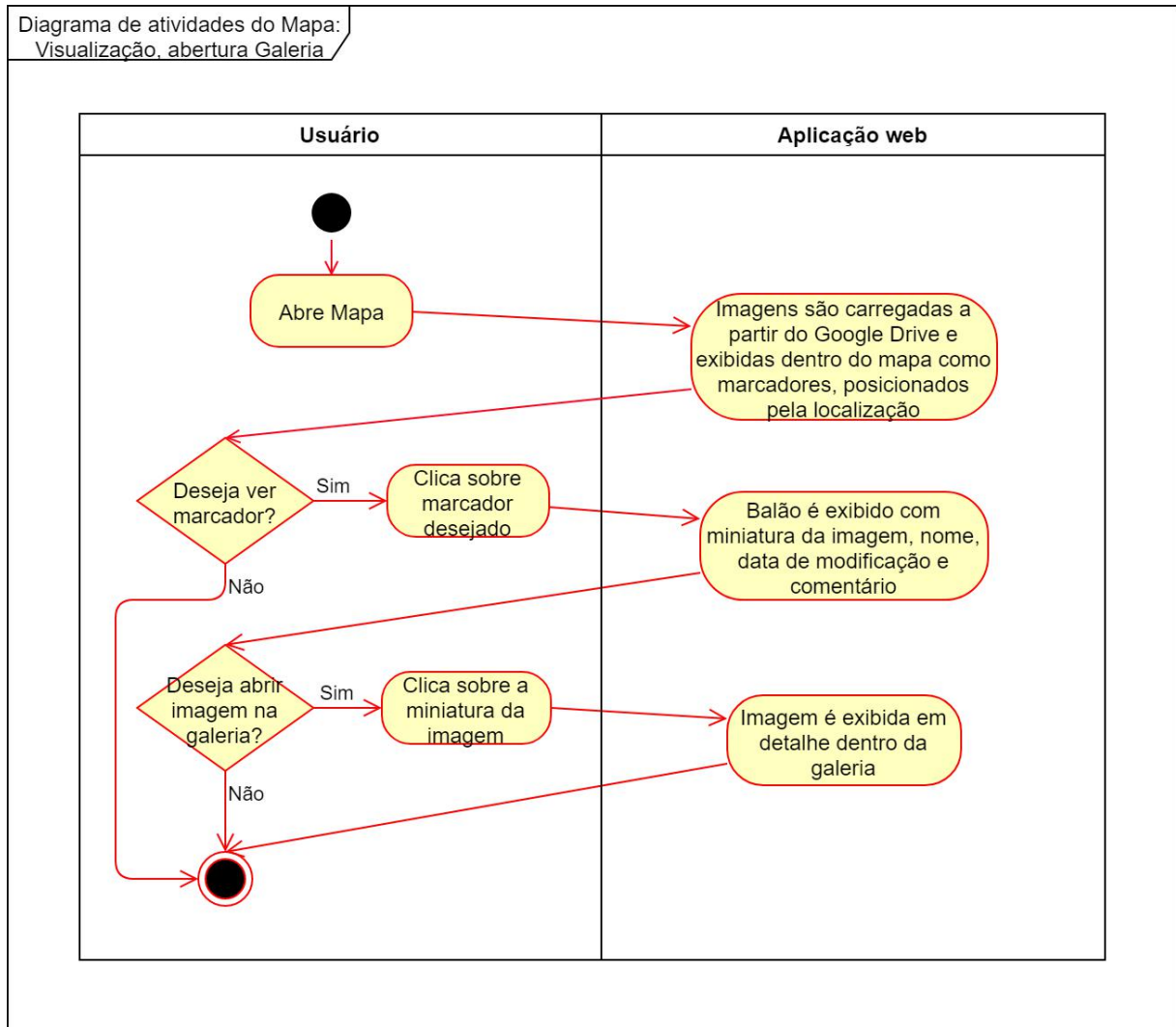


Figura 31: Diagrama de atividades do Mapa.

### 3.3.6 Diagrama de Sequência – Sincronia com nuvem

Na **Figura 32** são representadas as interações, as trocas de mensagens entre cada parte da solução para se chegar ao fim de sincronizar uma foto para a nuvem.

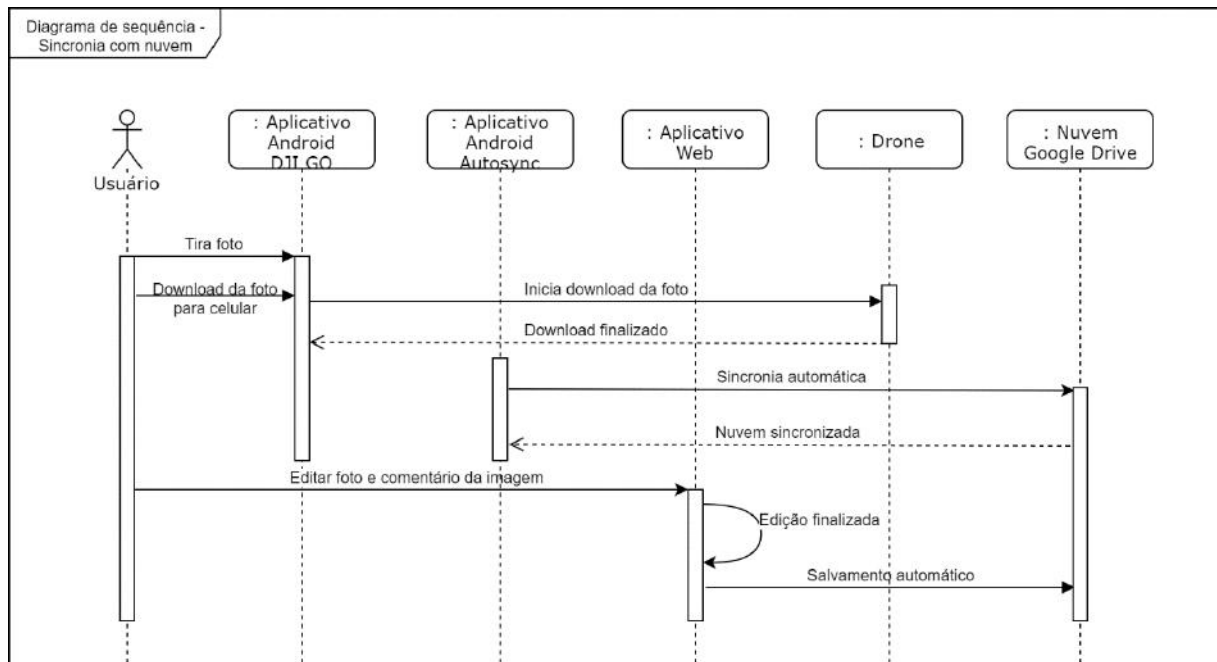


Figura 32: Sequência de execução para sincronia com a nuvem.

### 3.3.7 Diagrama de Sequência – Exibição Galeria

Na **Figura 33** é possível visualizar quais os passos que levam à transformação e exibição da Galeria de imagens.

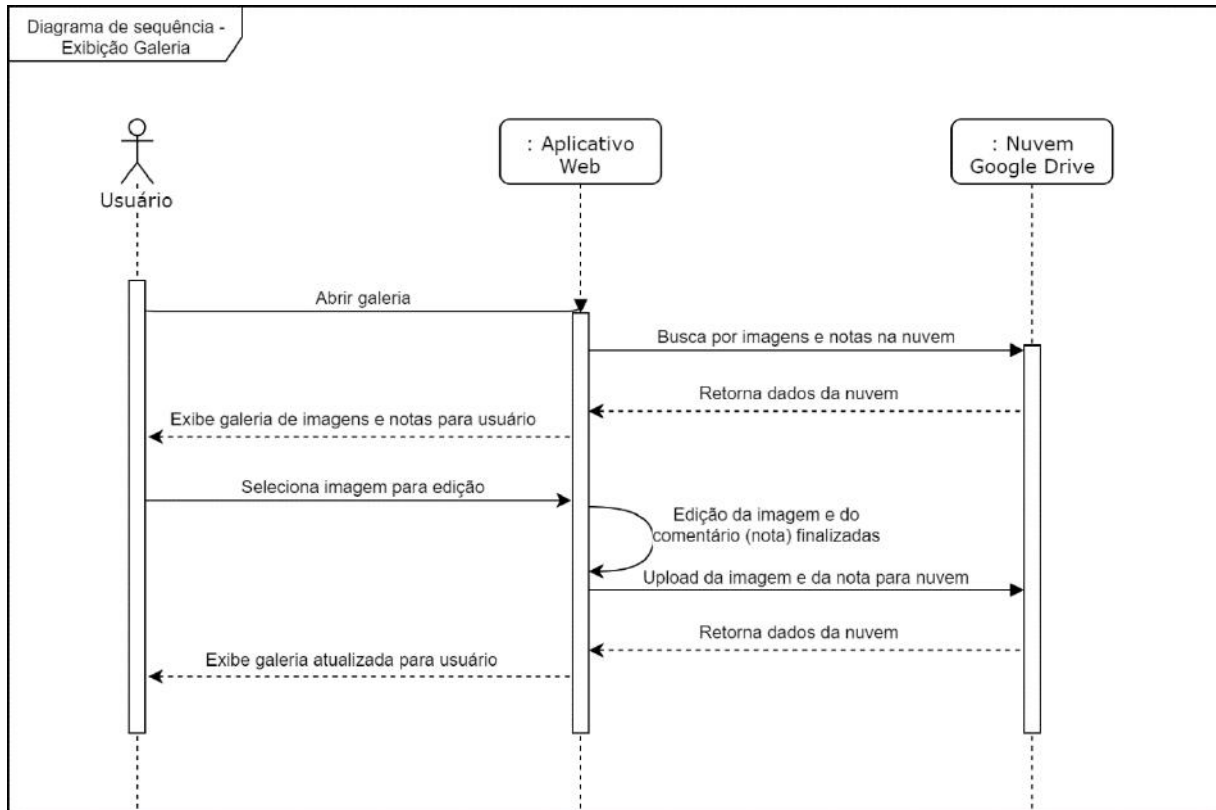


Figura 33: Sequência de execução da exibição da galeria.

### 3.4 FERRAMENTAS RELACIONADAS

Conforme levantado no capítulo do Contexto, existem ferramentas hoje que podem apoiar de forma parcial um processo de tomada de decisão, como por exemplo mensageiros instantâneos, aplicativos de e-mail e serviços de armazenamento na nuvem, além disso, existem as soluções que se conectam diretamente ao drone.

Dentre as ferramentas levantadas pelo autor, avaliando pelos critérios buscados, temos o resultado apresentado no Apêndice A.

Uma informação extra sobre o critério “Upload de forma automática para a nuvem” é que, para funcionamento correto do mesmo, o upload deve ser detectado a partir da pasta que o aplicativo de captura utiliza para salvar as imagens. E a nuvem de destino deve ser o Google Drive. O aplicativo oficial do Google Drive para Android testado não suporta o monitoramento de outras pastas que não as pré-definidas por ele, logo não se encaixou no critério.

Para atender a etapa de captura, a aplicação “DJI GO” foi selecionada por ser gratuita, ter suporte ao drone, e sendo oficial, é constantemente atualizada com melhorias e novas funcionalidades.

Para atender a etapa de disponibilização na nuvem, a aplicação “Autosync for Google Drive” foi escolhida por ser gratuita, ser compatível com o Google Drive, e atender ao que se propôs. O autor testou algumas outras aplicações, porém não eram capazes de fazer o upload de forma automática.

Para atingir o objetivo principal e os critérios levantados pelo autor, foi verificada a necessidade do desenvolvimento de uma solução própria, que será detalhada no próximo capítulo.

## 4 IMPLEMENTAÇÃO

Neste capítulo serão listados os passos para a implementação da solução, mais especificamente, implementação da ferramenta “Drones ao Resgate”, mostrando a evolução das versões, quais tecnologias foram utilizadas, a descrição das funcionalidades e como se dá o funcionamento de cada uma, de forma mais técnica.

### 4.1 TECNOLOGIAS ESTUDADAS

A seguir, serão listadas as tecnologias estudadas durante o desenvolvimento da solução final, e para que cada uma se destina.

- **HTML:** *HyperText Markup Language* (HTML)<sup>29</sup>, ou Linguagem de Marcação de HiperTexto, é o componente mais básico da web, e serve para definir o conteúdo e a estrutura básica de uma página web. Os documentos HTML podem ser interpretados por navegadores.
- **CSS:** *Cascading Style Sheets* (CSS)<sup>30</sup>, ou Folhas de Estilo em Cascata, é uma linguagem de estilo utilizada para descrever a apresentação de documentos HTML ou XML. Ele descreve como os elementos são mostrados na tela do navegador.
- **JavaScript:** JavaScript (JS)<sup>31</sup> é uma linguagem leve, interpretada e baseada em objetos, mais conhecida como linguagem de script para páginas web, mas também utilizada em outros ambientes sem navegadores. O JavaScript é uma linguagem baseada em protótipos, multi-paradigma e dinâmica, suportando estilos de orientação a objetos, imperativos e declarativos. Seu processamento ocorre no lado do cliente.
- **Bootstrap:** Bootstrap<sup>32</sup> é o *framework* (estrutura de suporte) mais conhecido do mundo para criar sites responsivos e mobile (adaptando o conteúdo a diversos tamanhos de telas). É uma ferramenta para desenvolvimento de

---

<sup>29</sup> <<https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/HTML>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

<sup>30</sup> <<https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/CSS>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

<sup>31</sup> <<https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/JavaScript>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

<sup>32</sup> <<http://getbootstrap.com.br>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

páginas em HTML, CSS e JS, e vem com componentes pré-construídos que podem ser adicionados de forma prática em páginas web.

- **PHP:** O PHP<sup>33</sup> (um acrônimo recursivo para *PHP: Hypertext Preprocessor*) é uma linguagem de script de uso geral, de código aberto, adequada para o desenvolvimento web e que pode ser embutida dentro do HTML. No PHP, o código é executado no servidor, gerando o HTML que é então enviado para o navegador. O navegador recebe os resultados da execução desse *script*, mas não sabe qual era o código fonte.
- **Git:** Git<sup>34</sup> é um sistema de controle de versão distribuído, gratuito e de código aberto, projetado para lidar com projetos independente de seu tamanho, com rapidez e eficiência. Ele tem alta performance, baixo custo de uso, e funcionalidades como múltiplos fluxos, áreas temporárias e versionamento local.
- **Google Apps Script:** Google Apps Script<sup>35</sup> é uma plataforma de desenvolvimento de aplicações rápidas, que permite criar aplicativos que se integram a aplicações do G Suite como Gmail, Drive, Agenda. O código deve ser escrito em JavaScript através do navegador, tendo acesso a bibliotecas pré-carregadas, e os scripts rodam direto nos servidores da Google.
- **Google Drive APIs:**<sup>36</sup> A plataforma do Google Drive provê um grupo de APIs junto de bibliotecas de cliente, exemplos e documentação, para auxiliar a construção de aplicativos que se integram ao Drive. A funcionalidade principal provida pela API é o *download* e o *upload* de arquivos no Google Drive.
- **Google Maps Javascript API:** O Google Maps JavaScript API<sup>37</sup> permite a customização de mapas com conteúdo próprio, e sua exibição em páginas web e dispositivos móveis. Ele contém quatro tipos básicos de mapa (rua, satélite, híbrido e terreno) que podem ser modificados utilizando camadas e estilos, controles e eventos, e vários serviços e bibliotecas.

---

<sup>33</sup> <[https://www.php.net/manual/pt\\_BR/intro-what-is.php](https://www.php.net/manual/pt_BR/intro-what-is.php)>. Acesso em: 25 jun. 2019.

<sup>34</sup> <<https://git-scm.com>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

<sup>35</sup> <<https://developers.google.com/apps-script/overview>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

<sup>36</sup> <<https://developers.google.com/drive/api/v3/about-sdk>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

<sup>37</sup> <<https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/tutorial>>. Acesso em: 25 jun. 2019.



- **Google App Engine:** O Google App Engine<sup>38</sup> é um *framework* web, e uma plataforma de computação em nuvem totalmente gerenciada, para desenvolvimento e hospedagem de aplicações web nos servidores da Google. Ele oferece escalabilidade e é gratuito até um certo nível de consumo de recursos no seu ambiente padrão.

## 4.2 VERSÕES

Essa solução tem sua primeira inspiração durante uma aula da disciplina Tópicos Especiais em Sistemas da Informação, no curso de Ciência da Computação da UFRJ, onde o autor conheceu um sistema colaborativo para dar suporte a tomada de decisão em situações de emergência (ENGELBRECHT; BORGES; VIVACQUA, 2011) que, através do uso de *tabletops*, servia de plataforma para agentes de campo, especialistas e tomadores de decisão, apoiando na identificação de pontos de interesse, divisão de tarefas, divisão do território para atendimento. Notou-se também as vantagens de trabalho colaborativo, que trazia novas perspectivas a todos os agentes participantes e auxiliava na atuação em situações de emergência.

O autor então ponderou se o uso de um drone poderia apoiar o cenário de uma emergência, considerando que a combinação dos dados capturados por ele com uma posterior análise colaborativa poderia suportar a tomada de decisão dos agentes de resposta. Dentro desta ideia, o drone, aplicado a um cenário de emergência, traria uma visão aérea com vantagens sobre helicópteros, em termos de custos de operação, altura de voo, e outros motivos.

Inicialmente, foi pesquisada a viabilidade de inclusão de uma câmera térmica ao drone, que pudesse ficar em par com a câmera normal. Alguns modelos já adaptados foram encontrados, mas decidiu-se posteriormente seguir com o drone sem a câmera térmica, devido ao custo alto de compra deste tipo de equipamento.

O autor então iniciou a pesquisa de como se desenvolveria o sistema, buscando funcionalidades úteis que pudessem atender o objetivo pensado, assim como a viabilidade técnica de cada opção. Para buscar a implementação da solução, o autor pesquisou, estudou e utilizou linguagens, bibliotecas e serviços.

---

<sup>38</sup> <<https://cloud.google.com/appengine>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

#### 4.2.1 Primeira versão

Inicialmente, houve a aquisição de um aparelho DJI Phantom 2 Vision (**Figura 34**), e pensou-se em desenvolver um aplicativo para Android, utilizando SDK (kit de desenvolvimento de software) da própria DJI, que permite interação com a câmera do drone, como obtenção do feed em tempo real, acionamento de obturador para captura de imagens, download do conteúdo, dentre outros tipos de interações, que não envolviam interferência na operação de voo do aparelho. Este aplicativo também teria inseridas outras funcionalidades, como galeria, download das imagens (possível via Wi-Fi), edição da imagem dentro do próprio aplicativo, e posteriormente visualização em mapa. Neste primeiro momento imaginava-se que os demais agentes colaboradores fossem acessar o mesmo aplicativo que o piloto, mas atuando em cima dos menus de galeria, mapa e edição de imagens. Não se chegou a iniciar o desenvolvimento da sincronia entre imagens locais e imagens armazenadas na nuvem, mas era algo planejado e ainda a ser estudado.



Figura 34: DJI Phantom 2 Vision e Samsung Galaxy Alpha, utilizados na primeira versão da solução.

A decisão de desenvolver uma aplicação Android partiu por interesse do autor no tema, além do mesmo possuir aparelho com esse sistema, e familiaridade com linguagem Java, que é uma das linguagens recomendadas pela Google para desenvolvimento de aplicativos Android.

O autor estudou tutoriais e guias para desenvolvimento Android, analisou a documentação do SDK da DJI para aparelhos móveis<sup>39</sup>, que na época (2015-2016) ainda estava sendo melhorado pela empresa desenvolvedora, e pesquisou a viabilidade da inserção de demais componentes para acrescentar a galeria e o editor. O Eclipse<sup>40</sup> foi escolhido inicialmente como ambiente de desenvolvimento, devido à familiaridade do autor com a ferramenta. Porém algumas dificuldades de uso, e maior suporte por parte da Google e da comunidade a outro ambiente de desenvolvimento, o Android Studio<sup>41</sup>, fizeram com que o autor decidisse pela migração.

As funcionalidades de visualização de imagem em tempo real, captura, visualização em galeria e *download* para aparelho foram feitas inicialmente com base em guias da DJI, pesquisas na internet, outros tutoriais, customizações, etc. Pode-se visualizar algumas das telas da primeira versão do aplicativo, durante seu desenvolvimento, nas **Figuras 35, 36 e 37**, que mostram o menu principal, a visão da câmera do drone, e a galeria, respectivamente.

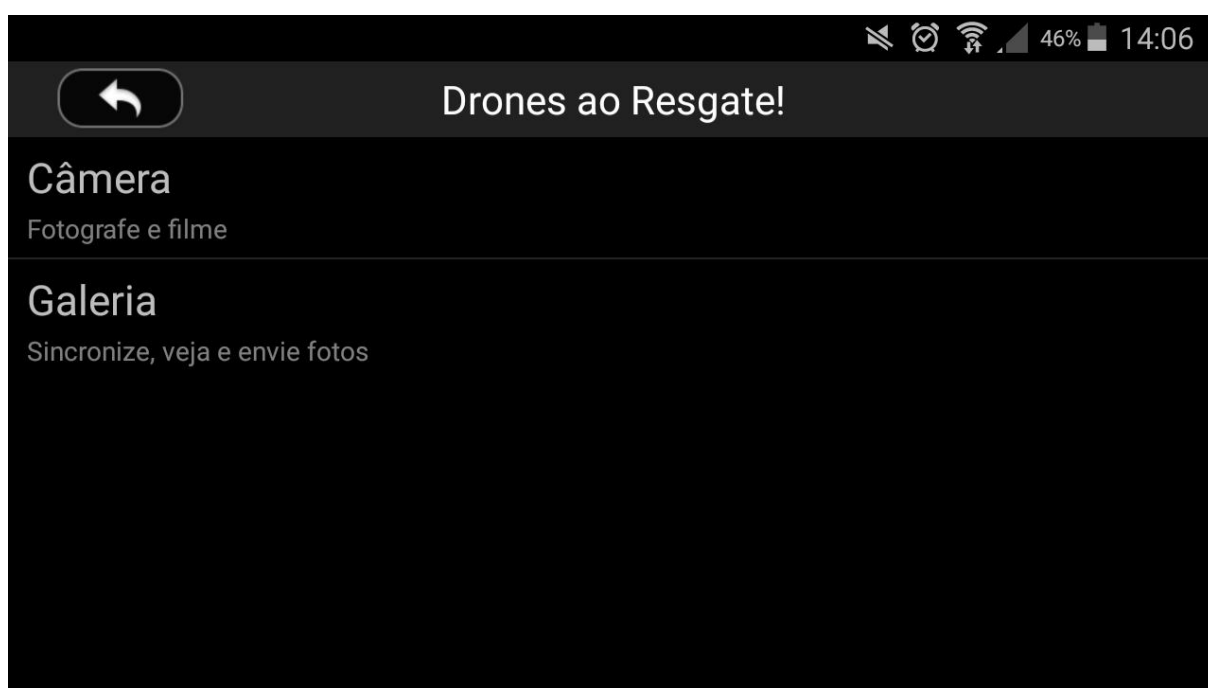


Figura 35: Visão da tela principal da primeira versão da aplicação.

<sup>39</sup> <<https://developer.dji.com/mobile-sdk/documentation/introduction/index.html>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

<sup>40</sup> <<https://www.eclipse.org/ide>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

<sup>41</sup> <<https://developer.android.com/studio>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

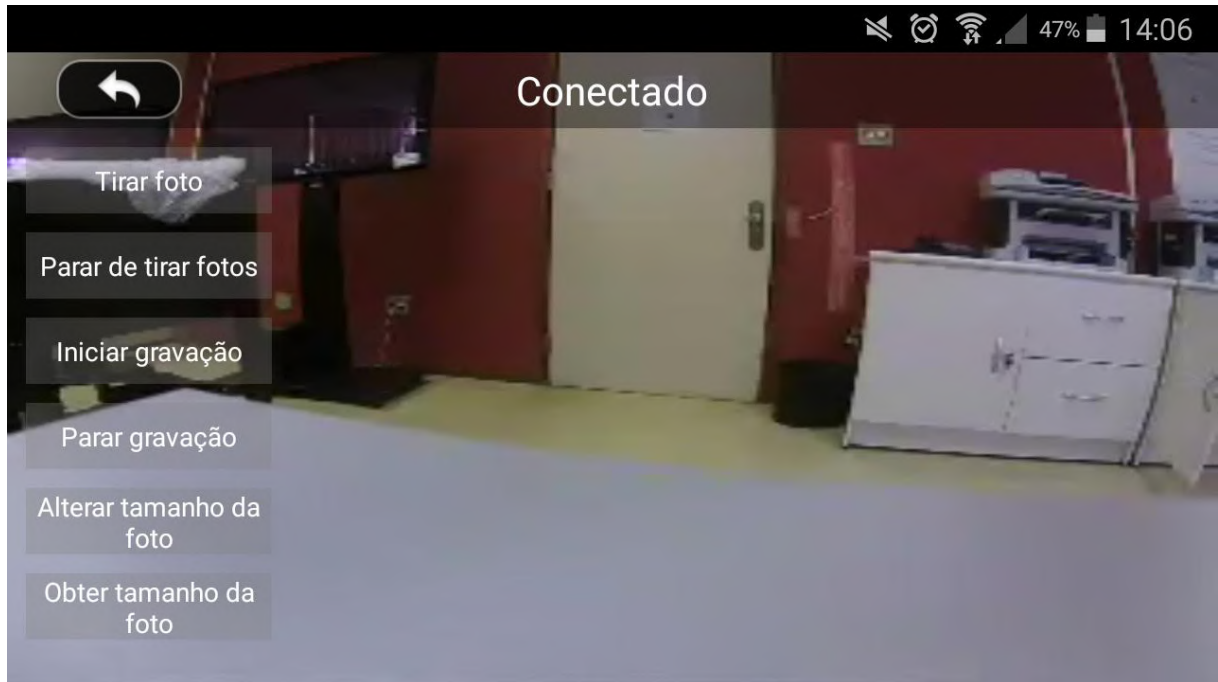


Figura 36: Visão da câmera do drone na primeira versão da aplicação.

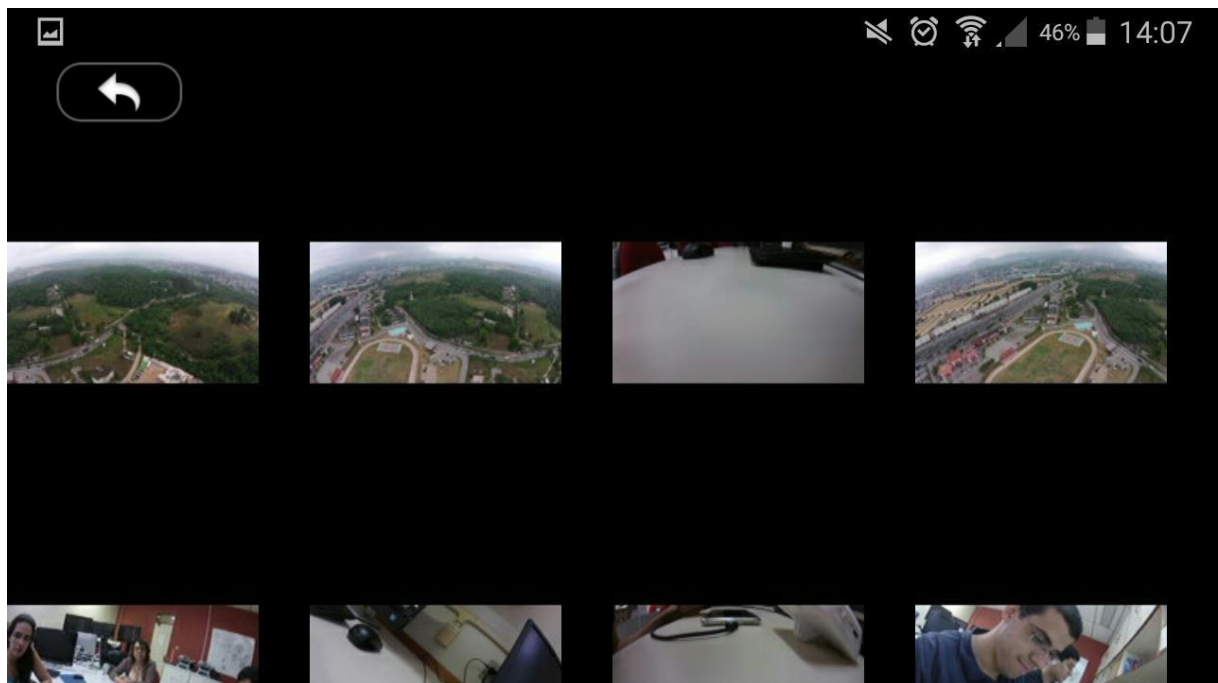


Figura 37: Visão da galeria na primeira versão da aplicação.

Para inserir a funcionalidade de edição dentro do aplicativo, o autor pesquisou por algumas opções, e a mais adequada, que possuía SDK, e permitia inserção de marcadores, foi o Adobe Creative SDK<sup>42</sup>.

<sup>42</sup> <<https://www.adobe.io/apis/creativecloud/creativesdk.html>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

Para desenvolver a visualização em mapa, o autor utilizou o Google Maps API<sup>43</sup> e, após extrair as coordenadas contidas dentro dos *Exif* (dados variáveis associados) das imagens, pôde posicionar as imagens no mapa, que era acessado pelo menu principal.

Neste aplicativo, a comunicação com o drone era complicada, pois no modelo DJI Phantom 2, a mesma ocorria através de uma rede Wi-Fi criada pelo drone, em que o smartphone deveria se conectar para visualizar imagens e fazer *download* do drone para o aparelho. Porém, algumas funcionalidades do aplicativo requisitavam internet para funcionarem corretamente, logo esse era um dos limitantes para a aplicação.

Durante o desenvolvimento, ocorreu que o Adobe Creative SDK foi descontinuado pela Adobe, e o SDK da DJI para o Phantom 2 também deixou de ser atualizado para novas versões de Android, e, com a aquisição do novo drone DJI Phantom 3 Advanced, o autor decidiu começar um novo aplicativo, já que as integrações e o SDK eram completamente diferentes para o novo drone.

#### 4.2.2 Segunda versão

Como mencionado, em dado momento houve a perda de suporte de alguns componentes da aplicação que estava parcialmente desenvolvida e integrada ao drone DJI Phantom 2. Um desses componentes era o componente de edição de imagens Adobe Creative SDK que foi sendo descontinuado pela Adobe, e isso inviabilizou a obtenção de autorização para funcionamento deste componente dentro do aplicativo.

O autor então iniciou o desenvolvimento de um aplicativo novo a partir de outros tutoriais do SDK da DJI, que eram diferentes para o DJI Phantom 3. Este aparelho trazia algumas melhorias em seu *hardware*, se comparado ao drone anterior, como câmera com estabilização e maior qualidade, melhor sistema de posicionamento, melhor comunicação do celular com o drone, que a partir de agora não ocuparia a conexão Wi-Fi do smartphone, e não limitaria mais a conexão à internet no mesmo.

O autor, porém, se deparou com diversas dificuldades durante o desenvolvimento dessa nova aplicação Android: alguns obstáculos para testar o aplicativo, que precisava do drone ligado e conectado; tentativa de utilização de um outro aplicativo que simulava a conexão a um drone, sem sucesso; dificuldades em solucionar o *download* de imagens do

---

<sup>43</sup> <<https://developers.google.com/maps/documentation>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

drone para o celular, que se dava de forma diferente que o drone anterior, dentre outros erros de difícil solução. O conhecimento do autor do funcionamento interno do Android não era profundo o suficiente, a documentação da DJI era bem limitada, e a comunidade de desenvolvedores trabalhando com este SDK da DJI era pequena. Isso acabou resultando em pouco conteúdo disponível no StackOverflow<sup>44</sup> (site aberto onde desenvolvedores tiram suas dúvidas com a comunidade) e no fórum de desenvolvedores da DJI, que poderiam conter perguntas e respostas dadas a outras pessoas que tiveram os mesmos problemas.

#### 4.2.3 Terceira versão

Frente às dificuldades, pensou-se em levar para o ambiente de desenvolvimento web as principais funcionalidades, de exibição das imagens, edição, visualização por mapa, sincronia do conteúdo com a nuvem, e também desenvolver a funcionalidade de comentários nas imagens. Esta, que é a versão final da solução, seria a princípio uma solução híbrida, com a ferramenta web responsável pelas funções recém mencionadas, e um aplicativo mobile mais enxuto, para captura e sincronização do conteúdo com a nuvem. Posteriormente viu-se que as soluções de mercado seriam capazes de atender a etapa de captura e sincronização com a nuvem, com poucas limitações de uso. E este aplicativo Android ficou então como um trabalho futuro, para que se pudesse focar no desenvolvimento da ferramenta web.

Logo, nessa versão final, como comentado no capítulo da Solução, o aplicativo DJI GO ficou responsável pela etapa de captura da imagem, o aplicativo Autosync ficou responsável pela disponibilização do arquivo no Google Drive, que foi o serviço de armazenamento em nuvem escolhido, e as demais funcionalidades foram implementadas no site denominado “Drones ao Resgate”.

O autor, durante o desenvolvimento da solução web, estudou tecnologias como HTML, CSS, Javascript, PHP e Git.

O conjunto de linguagens HTML, CSS e Javascript foi escolhido como base para o desenvolvimento do site pois é o trio mais popular no desenvolvimento de páginas web, e tem amplo material disponível para estudo e consulta. PHP também foi utilizado, mais especificamente na Galeria de imagens.

---

<sup>44</sup> <<https://stackoverflow.com>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

Git foi o sistema de controle de versão escolhido, e o GitHub foi escolhido para armazenar o código do projeto.

O ambiente escolhido para hospedagem do site foi o Google App Engine, pela praticidade e pelo gerenciamento automático de recursos, além de permitir o uso gratuito até um certo nível de consumo de recursos.

O editor de código utilizado pelo autor durante o desenvolvimento foi o Microsoft Visual Studio Code<sup>45</sup>, pela sua capacidade, facilidade de uso, e familiaridade do autor. O navegador de preferência para os testes foi o Google Chrome<sup>46</sup>, que possui uma ótima ferramenta de inspeção de elementos e de código, auxiliando no desenvolvimento de websites.

O armazenamento de todo o conteúdo original e modificado é feito no Google Drive, mais especificamente na conta criada pelo autor para o projeto. Pelo Google Drive, estando com a conta do projeto logada, é possível excluir arquivos caso necessário, que não é possível através da ferramenta.

A ferramenta gira em torno dos seguintes componentes:

- Galeria de imagens;
- Editor de imagens e comentários;
- Mapa.

A ‘Galeria de imagens’ foi feita baseada no projeto ‘gdrive-nanogallery’<sup>47</sup>, encontrado no GitHub. É uma galeria modificada, um plugin baseado em jQuery, PHP e Javascript, que pode ser configurado para buscar e exibir imagens a partir de uma pasta do Google Drive. A galeria Nanogallery<sup>48</sup> em que o ‘gdrive-nanogallery’ se baseou é uma biblioteca Javascript que permite construir galerias bonitas, modernas e responsivas para websites. Durante a montagem do PHP, a galeria faz consultas através da API do Google Drive, para obter as imagens e seus metadados, como por exemplo os comentários. O autor analisou as possibilidades e acabou por definir o campo *description* do arquivo no Google Drive para armazenar os comentários de cada imagem. O plugin foi inserido no site desenvolvido pelo autor, e modificado para atender as necessidades da solução, como: captura de metadados dos arquivos do Google Drive para exibição de nome do arquivo, comentário associado, e data de

---

<sup>45</sup> <<https://code.visualstudio.com>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

<sup>46</sup> <<https://www.google.com/chrome>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

<sup>47</sup> <<https://github.com/dansoutner/gdrive-nanogallery>>. Acesso em: 28 jun. 2019.

<sup>48</sup> <<http://nanogallery.brisbois.fr>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

modificação; ordenação customizada de imagens, exibindo no início as com data de modificação mais recente; ajustes de design; dentre outras mudanças.

O ‘Editor de imagens’ escolhido para inserção na solução foi o TOAST UI Image Editor<sup>49</sup>, que foi desenvolvido pelos seus criadores utilizando HTML5 Canvas e Javascript. Neste editor, que recebeu modificações do autor, todo o processamento da edição é feito no navegador do cliente, que traz facilidade de implementação, porém pode levar a lentidão em dispositivos mais lentos ou com pouca memória RAM. A abertura da imagem para edição é feita por dentro da Galeria, que acrescenta ao endereço de abertura do editor um parâmetro “url”, e este parâmetro contém o id único da imagem. Desse modo, antes da abertura do Editor, assim que a página é carregada, um *script* busca do endereço o parâmetro “url” e faz uma consulta à API do Google Drive passando este valor, e obtém como resposta a imagem no seu tamanho maior, assim como o comentário que fica presente no campo *description*, para então passar como parâmetro de abertura do Editor a imagem obtida. Dentre as possibilidades de edição, o Editor permite desenho livre, inserção de elementos visuais pré-carregados e também customizados, inserção de texto por cima da imagem, efeitos visuais, ajuste de brilho, etc. O Editor possui uma limitação que é a falta de zoom, porém não é algo que afete profundamente a experiência de edição, sendo algo necessário em cenários específicos. Isto limita, mas não impossibilita a edição em smartphones e aparelhos com telas menores.

O elemento onde o comentário é carregado e armazenado é um *form*, dentro de um componente Bootstrap. No momento após a resposta da API do Google Drive, o conteúdo do campo *description* da imagem é carregado neste campo do *form*. No momento do salvamento dentro do Editor, todos os elementos da tela são bloqueados e um alerta é exibido, através do Bootstrap, e após a finalização do upload do arquivo, o mesmo é transferido para um *script* do Google Apps Script, junto dos metadados específicos como coordenadas, comentários e data de modificação. Nesse *script*, ocorre o salvamento como arquivo dentro da pasta específica da ferramenta, na conta Google criada para essa solução, e ocorre a transferência para a Galeria logo após o fim da execução do *script*.

O ‘Mapa’ foi montado pelo autor utilizando APIs do Google Drive e do Google Maps. A primeira foi necessária para consultar os arquivos e prepará-los para inserção como marcadores, e a segunda foi utilizada para o pré carregamento do mapa, montagem dos marcadores e exibição do mapa. Como explicado no capítulo da Solução, o posicionamento

---

<sup>49</sup> <<https://ui.toast.com>>. Acesso em: 26 jun. 2019.



de cada marcador se dá de acordo com os metadados de localização da imagem: o par latitude e longitude. Porém um problema específico ocorreu, de sobreposição de marcadores quando as imagens são muito próximas ou até tiradas no mesmo ponto, e isso impedia o usuário de clicar nos marcadores que ficavam posicionados abaixo dos demais. Para solucionar isto, o autor pesquisou e encontrou um plugin hospedado no GitHub chamado *Overlapping Marker Spiderfier for Google Maps*<sup>50</sup>, que funciona para o Google Maps JS API v3, e possibilita apresentar os marcadores muito próximos em forma de espiral, como pode ser visto na **Figura 38**. Dessa forma, após a introdução deste plugin, nenhum marcador fica bloqueado abaixo de outro.

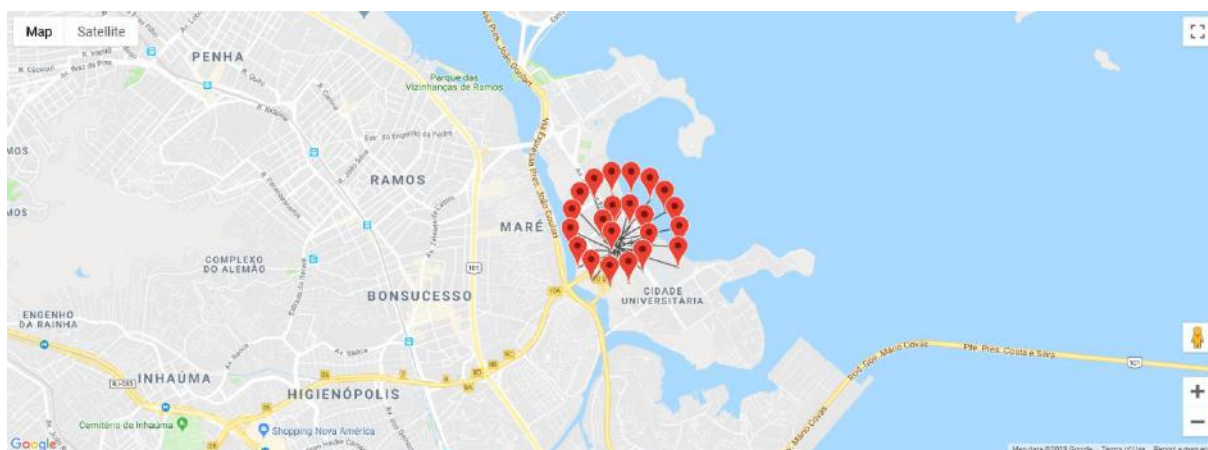


Figura 38: Visão do mapa com marcadores em *overlap*.

Todo o site é responsivo, ou seja, de visualização amigável em dispositivos móveis. A Galeria e o Editor já eram originalmente desta forma, e o autor utilizou componentes do Bootstrap para também tornar responsivas a página inicial e a página do Mapa.

<sup>50</sup> <<https://github.com/jawj/OverlappingMarkerSpiderfier>>. Acesso em: 28 jun. 2019.

## 5 VALIDAÇÃO

Na hipótese levantada, consta que, em uma situação de emergência, onde se precisa de informações confiáveis e baixos tempos de resposta, se existir uma solução permitindo a captura de dados, sua visualização, e a colaboração com base neles, ele auxiliaria a tomada de decisão. E, com a montagem desta solução, conforme mostrado no capítulo da proposta, agora se faz necessária a validação da hipótese, dos objetivos propostos, em um cenário de resposta à emergência.

A validação aqui apresentada servirá para avaliar com o público alvo se a proposta de solução realmente se faz útil. Este capítulo traz detalhes de como foi feita a validação da hipótese deste trabalho, qual foi a metodologia utilizada, mostra o experimento e suas etapas, quais perguntas foram feitas aos participantes, os resultados obtidos após análise, e quais foram as implicações.

### 5.1 METODOLOGIA

Após consideração, o autor decidiu seguir com um experimento controlado, e a aplicação de uma avaliação por questionário, encaminhado de forma qualitativa a um grupo de especialistas na área de resposta à emergência, tendo por objetivo avaliar a aplicabilidade da ferramenta “Drones ao Resgate” e da solução que a envolve.

O questionário buscou levantar informações relevantes dos respondentes, avaliar as aplicações iniciais da solução, a ferramenta implementada e suas funcionalidades, a usabilidade, a utilidade das informações geradas via colaboração, levantar ferramentas similares, avaliar a ferramenta implementada em comparação às demais, e avaliar se os objetivos propostos foram atingidos. Todas as perguntas, exceto uma, foram com campo de livre resposta.

### 5.2 EXPERIMENTO

Para realizar o experimento, pensou-se em buscar especialistas para a avaliação do projeto, trazendo avaliações de maior peso para este trabalho. Buscou-se verificar a viabilidade da participação de bombeiros militares do Estado do Rio de Janeiro e, após conseguir contato com o capitão da base do Corpo de Bombeiros na Ilha do Fundão (Rio de

Janeiro/RJ) e apresentar o projeto e a proposta de experimento, houve demonstração de grande interesse, e orientação para conversar com o coordenador do COVANT (Coordenadoria de Veículos Aéreos Não-Tripulados) que faz parte do GOA (Grupo de Operações Aéreas) do CBMERJ (Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro).

Foi acertada então com o coordenador do COVANT (que também demonstrou interesse na ideia proposta) a apresentação do projeto e realização do experimento, para ocorrer nas dependências do GOA no Aeroporto de Jacarepaguá, na cidade do Rio de Janeiro. O objetivo foi a apresentação da solução, realização de simulação e posterior avaliação.

A fase inicial do experimento apresentou explicações sobre o drone, sobre as etapas de captura e transferências de imagens para a nuvem (armazenamento remoto), e apresentação da ferramenta que permite a edição das imagens, comentários e visualização em mapas, através do website desenvolvido pelo autor. A fase seguinte consistiu na apresentação do estudo através da simulação de um incêndio com desabamento em uma construção. Durante o experimento, todos os especialistas tiveram acesso à ferramenta com objetivo de observar e colaborar a partir de imagens de um conjunto de prédios em construção na Ilha do Fundão, previamente capturadas pelo drone. Para, assim, levantar informações detalhadas para apoiar a tomada de decisão das ações da equipe de resposta, dentro do cenário simulado. Uma das imagens capturadas pode ser vista na **Figura 39**.

Ao final da atividade, seria feita uma breve análise pelos participantes, do conteúdo gerado durante a simulação, e apresentado um questionário para que os mesmos pudessem avaliar a solução apresentada e testada.

Foi proposto um cenário de emergência simulado para o experimento, em que foi criada uma situação hipotética de incêndio e desmoronamentos. Especialistas deveriam apoiar no levantamento de dados do cenário enquanto novas informações do cenário chegavam, como vítimas, áreas com risco, zonas bloqueadas, dentre outras. No cenário proposto, a equipe de resposta iria iniciar sua atuação e passar novas informações durante a simulação, que os especialistas participantes poderiam utilizar para gerar novas análises pela ferramenta.

O autor obteve imagens com o drone, da região proposta, e fez o upload das mesmas na pasta Google Drive do projeto, para que pudessem ficar disponíveis na ferramenta.



Figura 39: Fotografia aérea utilizada no experimento.

O objetivo foi, utilizando a ferramenta, levantar o máximo de informações possíveis que pudessem ajudar a equipe de resposta a fazer o resgate de forma ágil e segura.

### 5.2.1 Cenário da simulação

O cenário apresentado foi o seguinte:

"Durante a construção de um conjunto de 3 prédios, localizados na UFRJ, ocorre um acidente de trabalho em um deles. Ouviu-se uma explosão, e é possível ver fumaça indicando um princípio de incêndio. Havia trabalhadores no local.

Imagens do conjunto de prédios em questão foram capturadas através de um drone, e submetidas pelo piloto diretamente para a pasta do Google Drive utilizada por esta ferramenta.

A equipe de especialistas terá 30 minutos para analisar o cenário, e, durante este período, equipes de resposta à ocorrência irão chegar, haverá a preparação para a entrada no

local da emergência, e as ações se iniciarão. Além disso, com o passar dos minutos, a equipe de especialistas será atualizada com informações da emergência."

O canal de distribuição de novas atualizações sobre o cenário de emergência durante o experimento foi um grupo do aplicativo WhatsApp<sup>51</sup>, onde somente o administrador, no caso o autor, tinha permissão de postagem. Foi solicitado aos participantes que entrassem no grupo através de um link de convite, e mantivessem as notificações ativadas para receber os alertas de novas mensagens do administrador.

As mensagens complementavam o cenário, simulando uma emergência real em que novas informações do desastre chegam com o passar do tempo, vindas de testemunhas e agentes presentes no local. Durante o experimento, o autor se posicionou como agente retransmissor dessas informações.

As mensagens são apresentadas a seguir, mostrando o minuto da publicação (após início do experimento) e o conteúdo da mensagem em si:

(00:00) – “Foi identificado que o prédio da ocorrência é o do meio.”

(03:00) – “Testemunhas afirmaram que existem pessoas feridas no local que não podem se locomover por conta própria.”

(05:00) – “Uma equipe de reconhecimento identificou que alguns acessos estão bloqueados pelo fogo, que atinge quarto, quinto e sexto andares.”

(10:00) – “A equipe de reconhecimento identificou que a explosão causou um pequeno desmoronamento próximo das escadas do prédio central, e não é possível subir através das mesmas.”

(13:00) – “Um supervisor da obra afirmou que havia cerca de 4 funcionários no quarto andar, 7 funcionários no quinto andar, e 5 funcionários no sexto andar. Ele também afirmou que as pessoas que estavam em outras partes da construção não foram afetadas e conseguiram evacuar da construção. Todas as pessoas dos andares inferiores ao quarto andar já foram resgatadas.”

(16:00) – “A equipe de resgate descobriu que 2 operários estavam trabalhando no último andar (terraço) do prédio central e ainda não foram localizados. Verificaram também que acessos por escada estão bloqueados, e imagina-se que eles podem estar com dificuldades de locomoção.”

---

<sup>51</sup> <<https://www.whatsapp.com/>>. Acesso em: 28 jun. 2019.

### 5.2.2 Montagem da Avaliação

No questionário, que pode ser visto no APÊNDICE B (“Questionário sobre a utilização da ferramenta “Drones ao Resgate” no cenário simulado, e avaliação de eficácia da solução no suporte à tomada de decisão em uma situação de emergência”), houve a busca pela avaliação da solução, com base na situação de emergência simulada, no conteúdo produzido na mesma, e também na experiência acumulada pelos respondedores em situações reais. A avaliação foi montada tendo em vista a aplicabilidade em respostas às emergências, também buscando verificar se os objetivos propostos por este trabalho foram alcançados.

Os tópicos avaliados foram: a solução apresentada, as funcionalidades e o uso da ferramenta “Drones ao Resgate”, comparação com outras ferramentas colaborativas, a utilidade num cenário de emergência, aplicabilidade sob a ótica da tomada de decisão, e se o uso da mesma permitiria decisões melhores suportadas e um menor tempo de resposta.

O questionário foi dividido em 7 partes: Respondente; Análise das aplicações iniciais da solução; Análise da ferramenta “Drones ao Resgate”; Colaboração; Ferramentas colaborativas; Ferramenta “Drones ao Resgate” aplicada no experimento; Demais considerações.

Foi feita uma montagem das perguntas de forma que preservasse a identidade do respondedor, caso desejasse, deixando-o livre para opinar livremente.

Mais à frente será apresentada a análise das respostas.

### 5.2.1 Observações e obstáculos

Devido à natureza do trabalho efetuado pelo Corpo de Bombeiros, não foi possível saber de antemão a quantidade de bombeiros que poderiam participar da simulação, pois a qualquer momento pode surgir uma demanda. O próprio coordenador do COVANT, que também é piloto de helicóptero, esteve ausente durante um período pois estava transportando um órgão humano com a aeronave, porém houve o acompanhamento contínuo por um capitão que foi o principal contato durante o dia. Diversos bombeiros puderam ver a solução, porém apenas três iniciaram a simulação de fato, e dois deles puderam permanecer até o fim, mostrados na **Figura 40** capturada durante a simulação. Além disso, estes últimos não puderam responder o questionário naquele momento.



Figura 40: Imagem capturada durante a simulação, editada para preservar as identidades.

Após a realização do experimento, o autor então decidiu por encaminhar uma apresentação em texto do projeto, de como se passou o experimento, encaminhou o endereço da ferramenta web “Drones ao Resgate”, assim como o link para o questionário de avaliação, que foi feito pelo Google Forms<sup>52</sup>. Os bombeiros então poderiam navegar pela ferramenta, verificar suas funcionalidades, ver o cenário do experimento, ver o conteúdo gerado pelos especialistas que participaram na simulação, e então avaliar tudo, no momento mais apropriado.

Além disso, um obstáculo encontrado durante a apresentação foi a não sincronização automática pelo aplicativo “Autosync for Google Drive”, de imagens que tinham recém finalizado o *download*. O autor então abriu a aplicação e selecionou a opção para sincronia manual. Nos testes anteriores ao experimento, o funcionamento ocorreu de forma bem sucedida.

---

<sup>52</sup> <<https://www.google.com/forms/about>>. Acesso em: 28 jun. 2019.



Nas **Figuras 41 e 42**, é possível ver imagens trabalhadas pelos bombeiros durante a simulação.

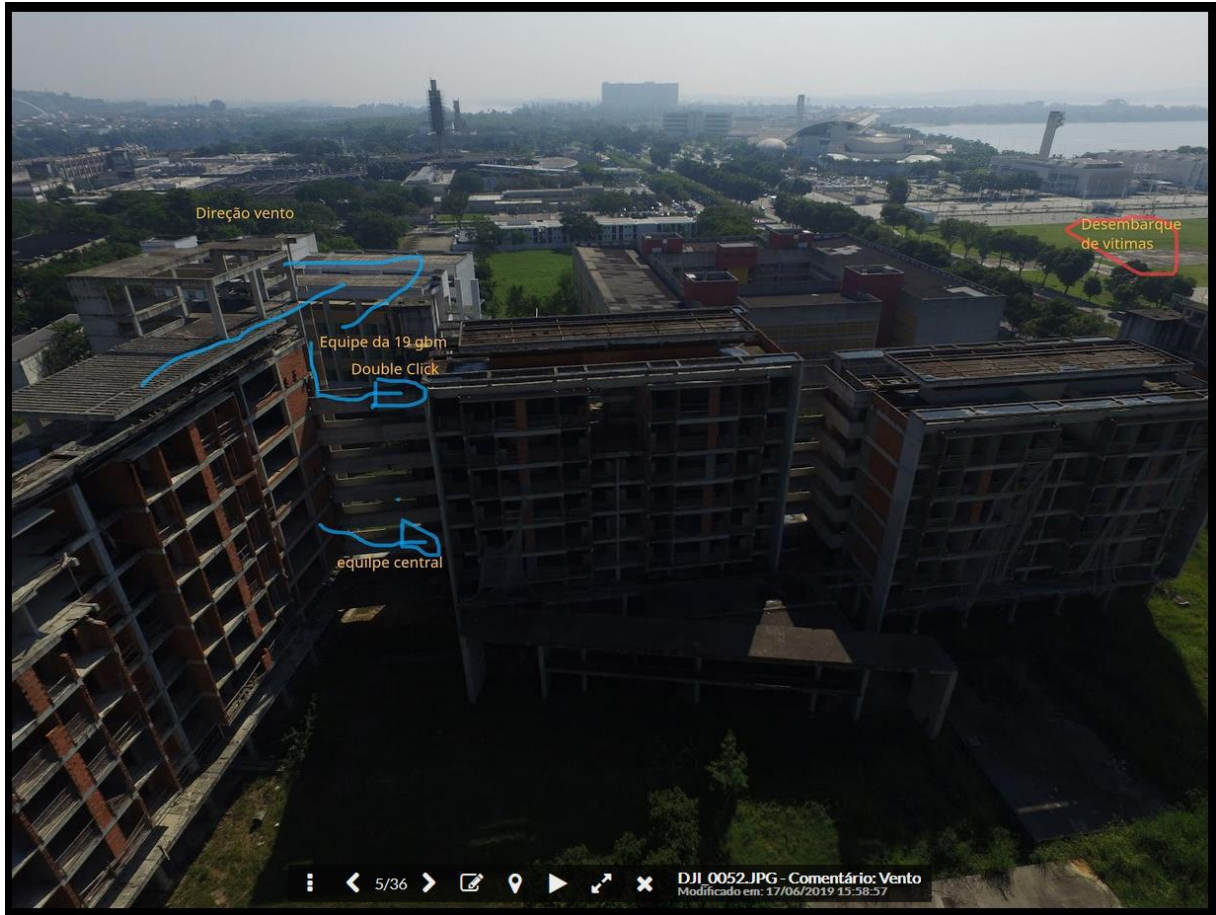


Figura 41: Imagem editada através da ferramenta, com presença de comentário.





Figura 42: Imagem editada através da ferramenta.

### 5.3 ANÁLISE DAS RESPOSTAS

Foram obtidas 5 respostas de especialistas através do questionário montado no Google Forms. Apesar de apenas dois deles terem completado o experimento, os demais puderam analisar a ferramenta, o cenário simulado e o resultado produzido. Todos os que responderam são bombeiros que integram o COVANT, possuem experiência de trabalho em emergências, e também estão acostumados a operações com drones nas situações em que são acionados.

Sobre os respondentes, foi possível verificar que o nível de escolaridade da maioria deles era de pós-graduação, conforme mostra o gráfico na **figura 43**.

## 1. Qual é o seu nível de escolaridade ?

5 respostas

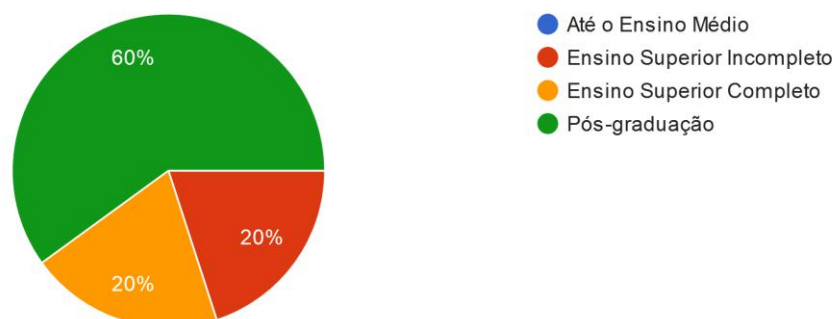


Figura 43: Gráfico representando a escolaridade dos respondedores.

Dentre os bombeiros que responderam ao questionário, 3 dos 5 mencionaram ter mais de 20 anos de experiência no campo de respostas a emergências, e alguns inclusive são pilotos de aeronaves tripuladas e não-tripuladas. Dentre as patentes identificadas durante a apresentação feita no experimento, se encontraram por exemplo capitães e tenentes-coronéis. Estas informações, aliadas ao levantamento do nível de escolaridade, que foi bem alto para a maioria dos participantes, mostra o nível de especialização que os mesmos possuem, dando um alto nível de credibilidade às respostas.

Sobre a aplicação “DJI GO”, escolhida como parte da solução apresentada, os respondedores informaram que atende às necessidades de captura de imagens e download local, e foi destacada a importância da compatibilidade com drones da DJI, pois a totalidade dos aparelhos deles são desta fabricante. Também foi destacado que uma boa captura depende muito dos conhecimentos técnicos aplicados pelo piloto na operação do drone, assim como a presença de câmeras adequadas para cada situação.

Referente a aplicação “Autosync for Google Drive”, que foi escolhida para a solução com finalidade de enviar imagens de forma automática para a nuvem, os bombeiros informaram que atenderia à proposta. Foi dito que auxiliaria muito as operações do CBMERJ com drones, pois hoje se perde muito tempo nesta transmissão. Além disso, foi informado que a ferramenta seria eficiente, desde que haja uma internet bem funcional no local de utilização.

Sobre a ferramenta desenvolvida, “Drones ao Resgate”, mais especificamente as funcionalidades apresentadas da ‘Galeria’, os bombeiros deram um retorno muito positivo, dizendo por exemplo que dinamiza a atuação da equipe em campo, e favorecem a amostragem e o direcionamento das ações de resposta, apoiando muito os trabalhos. Além disso, foi

sugerida uma forma de suportar múltiplos drones, organizando o conteúdo de através de pastas, assim como apontou-se a necessidade de um controle de acesso à essas imagens, pois hoje podem ser acessadas por qualquer usuário da internet que tenha o endereço.

Sobre a funcionalidade de ‘Edição de imagens e comentários’, foi apontado que atende ao que se propõe. Destacaram que o editor de imagens faz de maneira melhorada o croqui (esboço do cenário), e o conjunto da imagem com o comentário facilita e melhora o entendimento do que se passa e o que se pretende fazer na operação.

Sobre a funcionalidade do ‘Mapa’, o retorno também foi muito positivo, e afirmam que a orientação no terreno e o conhecimento das coordenadas geográficas é importante para se ter uma visão expandida do incidente, e visualizar os recursos (como a presença de água), próximos à região.

No geral, em termos de facilidade de uso, a ferramenta “Drones ao Resgate” foi avaliada como intuitiva, e permitiu a inserção das informações desejadas pelos especialistas, sendo inclusive interessante para a operação do CBMERJ. Foi dito que a disponibilização de informações feita através dela já auxiliaria as operações no campo, logo o retorno foi bem positivo.

Referente ao tema de colaboração, disseram que o material gerado pelos outros especialistas através da ferramenta foi útil para análise da situação simulada, porém não recorreram em maiores detalhes.

Quando perguntados sobre quais ferramentas eles aplicam hoje na operação, com foco nas que permitem colaboração, informaram o uso principal do WhatsApp, e também o uso de Google Drive, Google Maps, Youtube e Facebook (para *streaming* de vídeo), Pix4D (para mapeamento), SISGRAF e ICad (plataformas internas do CBMERJ). Sobre essas ferramentas, eles afirmaram que são de grande utilidade, importantes para difundir informações do incidente, e que apoiam a operação. Foi também indicada uma necessidade, relacionada ao streaming de vídeo da câmera do drone, pois precisaria ser privado, e hoje com as ferramentas que eles têm disponíveis é possível fazer apenas de forma pública. Outro ponto levantado é a demora e a grande quantidade de passos até a transferência de fotos do drone para a equipe atuando na emergência, tomando hoje um tempo crucial na resposta à mesma. Além disso, apontaram que algumas ferramentas de mercado existentes hoje, que poderiam apoiá-los, têm custo de aquisição e manutenção elevado.

Sobre a solução como um todo, houve um retorno muito positivo dado por todos os participantes. Foi levantada a importância da transferência das imagens de forma automática e sugerida a transferência de pequenos vídeos também. Sobre a ferramenta “Drones ao

Resgate”, afirmaram que ela concentra diversas funcionalidades importantes, presentes em outras ferramentas de forma separada, e apresenta vantagens sobre as utilizadas para fins similares pelo CBMERJ, no momento presente. Apontaram a importância da ferramenta proposta para coordenação e registro, para o acompanhamento do evento de emergência, e para o conhecimento e gestão dos recursos disponíveis no local. Disseram também ser facilitadora quando complementada por outros sistemas em um cenário de emergência.

E por fim, foi confirmado por todos que, com uso da ferramenta “Drones ao Resgate”, as decisões seriam melhores suportadas, e as respostas às emergências seriam mais ágeis, pois toda ferramenta que permite diminuir o tempo de resposta e aumentar a transmissão de informações traz benefícios para as operações, como por exemplo maior eficácia. Comentaram inclusive o desejo de continuidade do projeto e de publicação de uma versão para testes e utilização livre.

Logo, baseado nas respostas e opiniões coletadas por especialistas, fica demonstrado que a hipótese “Existindo uma situação de emergência, onde se faz necessário ter informações confiáveis e um baixo tempo de resposta, haverá uma solução que irá permitir a captura de dados, sua visualização, e a colaboração com base neles, e será capaz de auxiliar a tomada de decisão a ser feita pelos agentes de resposta à emergência, atendendo a estas demandas”, levantada anteriormente neste trabalho, foi atendida pela solução proposta pelo autor do mesmo. Isso foi possível pois a mesma proporcionou a captura de dados através de um drone e da aplicação “DJI GO”, permitiu a disponibilização deles na web pela aplicação “Autosync for Google Drive”, para então serem visualizados através da aplicação web “Drones ao Resgate”. Nesta última aplicação, se permitiu a colaboração e gravação de análises de especialistas, com base nos dados anteriormente capturados, e por fim houve a confirmação pelos respondedores que toda a solução apoiaria a tomada de decisão feita em um cenário de emergência, levando informações de forma rápida e agilizando o tempo de resposta à mesma.

Como sugestões trazidas através do questionário, estão: compatibilidade com sistemas já utilizados pelo CBMERJ, transmissão de *feed* de vídeo em tempo real, controle de acesso, suporte a vídeos, melhor referência nas fotos, organização do conteúdo para suportar pelo menos 3 aeronaves de melhor forma, exibição de localização das aeronaves em tempo real no mapa.

## 6 CONCLUSÃO

Este trabalho teve por finalidade trazer benefícios de suporte à emergência durante sua ocorrência. Apesar do autor verificar a possível utilidade da solução proposta em trabalhos de prevenção, preparação e até reconstrução, decidiu seguir com foco na etapa da resposta.

Com o estudo do domínio da gestão de emergências, da tomada de decisão colaborativa, e de drones e seus usos, o autor pôde propor uma solução colaborativa de suporte a tomada de decisão num cenário de emergência, através da obtenção de imagens via drone, e disponibilização de informações sobre o cenário de forma prática, e este foi o objetivo principal do trabalho.

De acordo com o que foi visto na análise das respostas, dadas por bombeiros com longa experiência, o objetivo foi alcançado com sucesso, a solução elogiada, e a hipótese validada.

Dentre os objetivos secundários que foram definidos, tem-se o desenvolvimento de um sistema web para visualização de conteúdo, edição e colaboração. O autor buscou a criação de um sistema que suportasse: disponibilidade do conteúdo na web, conteúdo compartilhado, exibição de imagens organizada, inserção de marcações gráficas nas imagens, visualização e edição de comentários, visibilidade do conteúdo em mapa e funcionamento responsivo. Estas funcionalidades foram caracterizadas como relevantes pelo autor através da análise do experimento executado e do questionário realizado com os especialistas participantes do estudo.

O outro objetivo secundário proposto foi otimizar o tempo da resposta para as vítimas, e isso também foi alcançado com sucesso, baseado na opinião dos especialistas. Estes, que já possuem muita experiência em operações de resposta a emergências, afirmaram que a solução poderia sim minimizar o tempo de resposta, dado que hoje se deparam com limitações como por exemplo terem de pousar o drone para obter as imagens a partir do cartão de memória, ou terem dificuldades para visualizar coordenadas da imagem em mapa, e a solução acabou atendendo a parte dessas dificuldades. Essas dificuldades mencionadas como exemplo, foram atendidas, respectivamente, pela sincronia de imagens durante o voo, e pela funcionalidade de visualização das localizações no mapa.

Dentre as limitações encontradas neste projeto de fim de curso, estão: o funcionamento não esperado da aplicação “Autosync for Google Drive” durante o experimento; a ocasional indisponibilidade temporária da API do Google que permite o carregamento das imagens na Galeria e no Mapa (apesar do comportamento ter sido correto

na simulação); a dificuldade no desenvolvimento de uma aplicação única e integrada ao drone para atender as etapas de captura e disponibilização na nuvem.

É importante informar que a solução proposta neste projeto é completamente dependente da disponibilidade de internet. Essa afirmação é válida tanto para quem estiver capturando e enviando as imagens para a nuvem, quanto para quem estiver visualizando e trabalhando em cima do conteúdo, pela ferramenta web “Drones ao Resgate”. Além disso, para que haja a obtenção das imagens por drone, é preciso que existam condições adequadas para o voo, limitação hoje já conhecida e tratada pelo COVANT.

Em resumo, nota-se uma grande necessidade de ferramentas que apoiem o trabalho de emergência, no âmbito do Corpo de Bombeiros, principalmente dentro da coordenação responsável pelo uso de drones. O que foi proposto foi atendido com sucesso e acabou por despertar interesse dos mesmos na continuidade do projeto, assim como a disponibilização da solução para uso por eles.

## 6.1 TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros, identificou-se as possíveis melhorias para a solução tecnológica desenvolvida:

- Tela de autenticação: uma tela de acesso para limitar a visualização apenas a pessoas autorizadas, impedindo assim vazamentos de conteúdo restrito para a população ou para a imprensa;
- Melhor organização das imagens: agrupamento das imagens capturadas por fonte, quando há mais de um drone operando, e organização de imagens originais e editadas para que fiquem associadas;
- Melhoria no sistema de comentários: permitir o sequenciamento de comentários em uma mesma imagem, comparada às imagens anteriores, e destacar a exibição deles na galeria;
- Criação de botão para encaminhamento de imagem via WhatsApp: como o WhatsApp é uma ferramenta de comunicação de vital importância para o Corpo de Bombeiros hoje, e já está consolidada, foi apresentada essa necessidade de encaminhar um arquivo de imagem de forma mais ágil, através da galeria;
- Suporte a vídeos na galeria: permitir a exibição de vídeos na galeria;

- Transmissão de *feed* ao vivo: criação de uma tela que exiba as imagens da câmera do drone em tempo quase real, através de *streaming* (transmissão contínua);
- Exibição da localização do drone no mapa: obtenção de dados de localização corrente do drone, e exibição da posição dele dentro do mapa;
- Aplicação móvel para captura e upload automático: criação de aplicativo que se conecte ao drone e já faça o upload automático para a nuvem após a captura de uma imagem;
- Alerta de novo conteúdo via e-mail ou SMS: criação de um sistema ativo de disparo de mensagens para interessados quando houver um conteúdo novo disponível na ferramenta, seja ele original ou já editado, completando o ciclo desde a captura até o respondedor final;
- Troca de mensagens entre usuários: permitir a troca de mensagens entre usuários, principalmente entre gestores da ocorrência e os operadores que pilotam o drone;
- Suporte a voo autônomo para mapeamento 3D: em conjunto com a aplicação conectável ao drone, suportar a operação de drones de forma autônoma, possibilitando a obtenção de imagens que formaria um mapa 3D após processamento;

Também se faz importante a realização de experimentos após desenvolvimento de novas funcionalidades, para que haja avaliação das mesmas pelos especialistas.

## REFERÊNCIAS

**ANAC. Classes de Drones.** Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones/classes-de-drones>>. Acesso em: 22 jun. 2019.

**ANAC. Orientações para Usuários.** Disponível em: <[https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones/orientacoes\\_para\\_usuarios.pdf](https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones/orientacoes_para_usuarios.pdf)>. Acesso em: 25 jun. 2019.

**AUSVI. Are UAS More Cost Effective than Manned Flights?** Disponível em: <<https://www.auvsi.org/are-uas-more-cost-effective-manned-flights>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

**AVIATION WEEK.** The Strange History Of The Word ‘Drone’. n. Aviation Week & Space Technology, abr. 2016.

BENDEA, H. et al. Low cost UAV for post-disaster assessment. p. 9, 2008.

BOCCARDO, P. et al. UAV Deployment Exercise for Mapping Purposes: Evaluation of Emergency Response Applications. **Sensors**, v. 15, n. 7, p. 15717–15737, 2 jul. 2015.

BRAUN, A. **O Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil**, [s.d.]. Disponível em: <<http://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=3831284&disposition=inline>>.

BURNHAM, G. M.; RAND, E. C. **The Johns Hopkins and Red Cross Red Crescent Public Health Guide in Emergencies - Second edition 2008**, 2008. Disponível em: <<https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Forward.pdf>>.

CAMARA, D. **Cavalry to the rescue: Drones fleet to help rescuers operations over disasters scenarios**. 2014 IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications (CAMA). **Anais...** In: 2014 IEEE CONFERENCE ON ANTENNA MEASUREMENTS & APPLICATIONS (CAMA). Antibes Juan-les-Pins, France: IEEE, nov. 2014. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7003421/>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

CHOI-FITZPATRICK, A. et al. **Up in the Air: A Global Estimate of Non-Violent Drone Use 2009-2015**. [s.l.] University of San Diego, 2016. Disponível em: <<http://digital.sandiego.edu/gdl2016report/1/>>. Acesso em: 20 jun. 2019.



**CRUZ VERMELHA. Drones for Disaster Response and Relief Operations.** American Red Cross, abr. 2015.

DINIZ, V. B. et al. Decision making support in emergency response. **Encyclopedia of Decision Making and Decision Support Technologies**, v. 1, p. 184–191, 1 jan. 2008.

**DOD.** Unmanned Aerial Vehicles Roadmap 2002-2027. n. Department of Defense (USA), p. 209, dez. 2002.

ENGELBRECHT, A.; BORGES, M. R. S.; VIVACQUA, A. S. **Digital tabletops for situational awareness in emergency situations.** Proceedings of the 2011 15th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD). **Anais...** In: 2011 15TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK IN DESIGN (CSCWD). Laussane, Switzerland: IEEE, jun. 2011. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/5960190/>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

FUKS, H. et al. O Modelo de Colaboração 3C e a Engenharia de Groupware. **Monografias em Ciência da Computação, Nº 17/02**, jul. 2002.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2009.

KEMCZINSKI, A. et al. COLABORAÇÃO E COOPERAÇÃO – PERTINÊNCIA, CONCORRÊNCIA OU COMPLEMENTARIDADE. **Revista Produção Online**, v. 7, n. 3, 5 jul. 2008.

LEE, S.; HAR, D.; KUM, D. **Drone-Assisted Disaster Management: Finding Victims via Infrared Camera and Lidar Sensor Fusion.** 2016 3rd Asia-Pacific World Congress on Computer Science and Engineering (APWC on CSE). **Anais...** In: 2016 3RD ASIA-PACIFIC WORLD CONGRESS ON COMPUTER SCIENCE AND ENGINEERING (APWC ON CSE). Nadi: IEEE, dez. 2016. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7941945/>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

LONGHITANO, G. A. **VANTS para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas.** Mestrado em Engenharia de Transportes - São Paulo: Universidade de São Paulo, 20 set. 2010.

MACHADO, M. F. T. **Um Arcabouço para o desenvolvimento de sistemas móveis no domínio de gestão de emergências**. Rio de Janeiro: Tese (Mestrado em Informática) – Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacciti, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

MACHLINE, C. O processo decisório na gestão de tecnologia. **Revista de Administração de Empresas**, v. 17, n. 6, p. 141–158, dez. 1977.

MICHAEL, N. et al. Collaborative mapping of an earthquake-damaged building via ground and aerial robots. **Journal of Field Robotics**, v. 29, n. 5, p. 832–841, set. 2012.

NETO, J. P. Apoio à execução de experimentos controlados usando uma ontologia para empacotamento: a ferramenta OntoExpTool. p. 105, 2015.

O'BRIEN, T.; DURSCHER, R.; BRIGGERT, C. **The use of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) by the emergency services**. [s.l: s.n.].

**OCHA. Unmanned Aerial Vehicles in Humanitarian Response**. OCHA Policy Development and Studies Branch (PDSB), jun. 2014. Disponível em: <<https://docs.unocha.org/sites/dms/Documents/Unmanned%20Aerial%20Vehicles%20in%20Humanitarian%20Response%20OCHA%20July%202014.pdf>>.

OLIVEIRA, M. DE. **Livro Texto do Projeto Gerenciamento de Desastres - Sistema de Comando em Operações**. Florianópolis: Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, 2010.

PADILHA, R. P. **Apoio à colaboração entre equipes de comando e de operações na resposta a emergências - uma proposta utilizando computação móvel**, 2010.

PADILHA, R. P. et al. **The design of collaboration support between command and operation teams during emergency response**. The 2010 14th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design. **Anais...** In: 2010 14TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK IN DESIGN (CSCWD). Shanghai, China: IEEE, abr. 2010. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5471873>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

PECHARROMÁN, J. M. P.; VEIGA, R. **Estudo Sobre a Indústria Brasileira e Europeia de Veículos Aéreos Não Tripulados**, nov. 2016.

QUARITSCH, M. et al. Fast Aerial Image Acquisition and Mosaicking for Emergency Response Operations by Collaborative UAVs. p. 5, 2011.

QUINTANILHA, C. B.; BORGES, M. R. S.; VIVACQUA, A. S. **Social networks and emergency: From society to the command room.** Proceedings of the 2011 15th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD). **Anais...** In: 2011 15TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK IN DESIGN (CSCWD). Laussane, Switzerland: IEEE, jun. 2011. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/5960124/>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

REYNOLDS, B.; SEEGER, M. **Crisis and Emergency Risk Communication 2014 Edition.** Centers for Disease Control and Prevention, 2014. Disponível em: <[https://emergency.cdc.gov/cerc/resources/pdf/cerc\\_2014edition.pdf](https://emergency.cdc.gov/cerc/resources/pdf/cerc_2014edition.pdf)>.

SILVA, P. C. R. DA. O emprego de Veículos Aéreos Não Tripulados no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. p. 70, 2015.

SPRANGER, M. et al. Towards Drone-Assisted Large-Scale Disaster Response and Recovery. p. 7, 2016.

**UNDRR. UN Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). Terminology.** Disponível em: <<https://www.unisdr.org/we/inform/terminology>>. Acesso em: 24 jun. 2019.

VIVACQUA, A. S.; BORGES, M. R. Taking advantage of collective knowledge in emergency response systems. **Journal of Network and Computer Applications**, v. 35, n. 1, p. 189–198, 2012.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A – Tabela comparativa entre ferramentas relacionadas

Critério requerido	Tipo da ferramenta											
	Mensagem instantâneo					Aplicativo de email		Serviço de armazenamento na nuvem		Ferramenta com conexão ao drone		Ferramenta de upload de arquivo
	Whatsapp	Telegram	Facebook Messenger	Google Hangouts	Google Gmail	Microsoft Outlook	Google Drive	Microsoft OneDrive	Dropbox	DJI GO	DronesAR (*)	Autosync for Google Drive
Conexão ao Drone	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Limitado (4)	Não
Upload de forma automática para a nuvem	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não foi possível avaliar	Sim
Disponibilização do conteúdo na web	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Conteúdo compartilhado	Limitado (1)	Sim	Sim	Sim	Limitado (1)	Limitado (1)	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não
Exibição de imagens de forma organizada	Sim	Limitado (2)	Limitado (2)	Limitado (2)	Limitado (2)	Limitado (2)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Inserção de marcações gráficas nas imagens	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Visualização e edição de comentários	Limitado (3)	Limitado (3)	Limitado (3)	Limitado (3)	Limitado (3)	Limitado (3)	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não
Visibilidade de conteúdo em mapa	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não
Funcionamento responsivo (desktop e mobile)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não foi possível avaliar	Não
Limitado (1): não permite ver histórico												
Limitado (2): visualização limitada em termos de organização												
Limitado (3): comentário associado a conteúdo tem complicações de organização												
Limitado (4): ferramenta compatível apenas com iOS, na captura												
(*) Ferramenta Paga												

**APÊNDICE B** – Questionário sobre a utilização da ferramenta Drones ao Resgate no cenário simulado, e avaliação de eficácia da solução no suporte à tomada de decisão em uma situação de emergência.

Parte 1: RESPONDENTE

1. Qual é o seu nível de escolaridade?

- ☐ Até o Ensino Médio
- ☐ Ensino Superior Incompleto
- ☐ Ensino Superior Completo
- ☐ Pós-graduação

2. Qual sua experiência no campo de emergências/respostas à emergências?

3. Qual é sua ocupação atual?

Parte 2: ANÁLISE DAS APLICAÇÕES INICIAIS DA SOLUÇÃO

4. Qual a sua avaliação da aplicação “DJI GO” (utilizada para captura das imagens e download local), apresentada como parte da solução proposta, de apoio à respostas a emergências?

5. Qual a sua avaliação da aplicação “Autosync for Google Drive” (utilizada para envio de imagens à nuvem automaticamente), apresentada como parte da solução proposta, de apoio à respostas a emergências?

Parte 3: ANÁLISE DA FERRAMENTA DRONES AO RESGATE

6. Qual a sua avaliação da funcionalidade de Galeria da ferramenta “Drones ao Resgate” para responder à situação de emergência simulada?

7. Qual a sua avaliação da funcionalidade de Editor de imagens e comentários da ferramenta “Drones ao Resgate” para responder à situação de emergência simulada?
8. Qual a sua avaliação da funcionalidade de Mapa da ferramenta “Drones ao Resgate” para responder à situação de emergência simulada?
9. Qual a sua avaliação da ferramenta web “Drones ao Resgate” como um todo, durante a resposta à situação de emergência simulada? Foi de uso intuitivo (amigável)? Permitiu inserir as informações desejadas?

#### Parte 4: COLABORAÇÃO

10. Considera que as informações inseridas pelos outros participantes através da ferramenta, como edições nas imagens e comentários, foram úteis para sua análise da situação de emergência simulada?

#### Parte 5: FERRAMENTAS COLABORATIVAS

11. Quais ferramentas que permitem colaboração você já utilizou em situações de emergência? (Ex: WhatsApp, Google Drive, Messenger, Gmail, ferramentas pagas, ferramentas de suporte a emergência, etc)
12. Qual a sua avaliação sobre a utilidade das ferramentas mencionadas por você, em respostas a cenários de emergência?

#### Parte 6: FERRAMENTA DRONES AO RESGATE APLICADA NO EXPERIMENTO

13. Qual a sua avaliação sobre a utilidade da ferramenta, do conteúdo gerado pela mesma, e de suas funcionalidades (exibição/edição de comentários e imagens, visualização de coordenadas, etc), como apoio à tomada de decisão em situações de emergência?

14. Como a ferramenta se compara às demais ferramentas conhecidas?

15. Acredita que, com o uso da ferramenta apresentada, as decisões seriam melhor suportadas, e as respostas às emergências poderiam ser mais ágeis?

#### Parte 7: DEMAIS CONSIDERAÇÕES

16. Deseja fazer alguma consideração referente à solução apresentada? (ex: sugestão de melhoria) (opcional)

17. Deseja fazer alguma outra consideração? (opcional)